GOVERNMENT OF TAMIL NADU

పదకొండవ తరగతి

HIGHER SECONDARY FIRST YEAR

భౌతికశాస్త్రము

PHYSICS

భాగము - 2

VOLUME - 2

TELUGU MEDIUM

Department of School Education

Untouchability is Inhuman and a Crime

11th_Physics_Vol-2_Introduction_Telugu_Medium.indd 1 28-02-2023 13:39:09

Government of Tamil Nadu

First Edition - 2021

Revised Edition - 2022, 2023

Reprint - 2024

(Published Under New Syllabus)

Content Creation

State Council of Educational
Research and Training

© SCERT 2021

Printing & Publishing

Tamil NaduTextbook and Educational
Services Corporation

www.textbooksonline.tn.nic.in

11th_Physics_Vol-2_Introduction_Telugu_Medium.indd 2 28-02-2023 13:39:09

విషయసూచిక

భౌతికశాస్త్రము

అధ్యాయము	పాఠ్యశీర్షిక	పుట సంఖ్య	నెల
6	గురుత్వాకర్షణ	01	సెప్టెంబరు - అక్టోబరు
7	పదార్థముల ధర్మములు	49	అక్టోబరు
8	ఉష్ణము మరియు ఉష్ణగతిక శాస్త్రము	95	అక్టోబరు - నవంబరు
9	వాయువుల గతిజ సిద్ధాంతము	165	నవంబరు
10	డోలనములు	191	నవంబరు - డిశంబరు
11	తరంగములు	227	డిశంబరు
	ప్రయోగ దీపిక	287	
	పదకోశము	320	

KC7OZ

అంతర్జాల పుస్తకము

8JKLG

మూల్యాంకనము

11th_Physics_Vol-2_Introduction_Telugu_Medium.indd 3 28-02-2023 13:39:09

HOW TO USE THE BOOK?

Scope of Physics
- Awareness on higher learning - courses, institutions and required competitive exams
- Financial assistance possible to help students to climb academic ladder

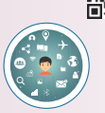
Learning Objectives:
- Overview of the unit
- Gives clarity on the goals and intention of the topics



- Additional facts related to the topics covered to facilitate curiosity driven learning

Example problems
- To ensure understanding, problems/illustrations are given at every stage before advancing to next level


- Visual representation of concepts with illustrations
- Videos, animations, and tutorials


ICT
- To harness the digital skills to class room learning and experimenting

Summary
- Recap of salient points of the lesson

Concept Map
- Schematic outline of salient learning of the unit

Evaluation
- Evaluate students' understanding and get them acquainted with the application of physical concepts to numerical and conceptual questions

Books for Reference
- List of relevant books for further reading

Solved examples
- Solutions to exercise problems are accessible here. In addition, a few solved examples are given to facilitate students to apply the concepts learnt.

Competitive Exam corner
- Model Questions - To motivate students aspiring to take up competitive examinations such as NEET, JEE, Physics Olympiad, JIPMER etc

Practical
- List of practical and the description of each is appended for easy access.

Glossary
- Scientific terms frequently used with their Tamil equivalents

Back wrapper: Solvay Conference 1927, Belgium

Photograph of the attendees of the most famous fifth solvay international conference held in october 1972. 17 of the 29 scientists found in this photograph are Nobel laureates (shown in bold).

Front row (L to R) : **I. Langmuir**, **M. Planck**, **Marie Curie**, **H.A. Lorentz**, **A. Einstein**, P. Langevin, Ch.E. Guye, **C.T.R. Wilson**, **O.W. Richardson**

Middle row (L to R) : **P. Debye**, M. Knudsen, **W.L. Bragg**, H.A. Kramers, **P.A.M. Dirac**, **A.H. Compton**, **L.de Broglie**, **M. Born**, **N. Bohr**

Back row (L to R) : A. Piccard, E. Henriot, P. Ehrenfest, Ed. Herzen, Th.De Donder, **E. Schrödinger**, E.Verschaffelt, **W. Pauli**, **W. Heisenberg**, R.H. Fowler, L. Brillouin

—Photographie by Benjamin Couprie

11th_Physics_Vol-2_Introduction_Telugu_Medium.indd 4 28-02-2023 13:39:09

11th_Physics_Vol-2_Introduction_Telugu_Medium.indd 5

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

28-02-2023 13:39:10

11th_Physics_Vol-2_Introduction_Telugu_Medium.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

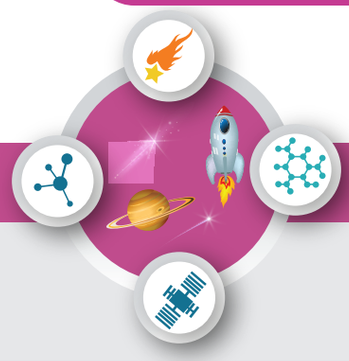
Scholarships for graduate and post graduate courses

- 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)

28-02-2023 13:39:10

11th_Physics_Vol-2_Introduction_Telugu_Medium.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)	

28-02-2023 13:39:11

11th_Physics_Vol-2_Introduction_Telugu_Medium.indd 8 28-02-2023 13:39:11

అధ్యాయము

6

గురుత్వాకర్షణ (GRAVITATION)

"భూమి ఎలాంటి పరమాణువులతో నిర్మితమైయున్నదో నక్షత్రాలు కూడా అలాంటి పరమాణువులతోనే రూపొందియున్నాయని కనుగొనుటయే ఖగోళశాస్త్రం యొక్క అత్యంత గొప్ప ఆవిష్కరణ". – రిచర్డ్ ఫీమన్

అభ్యసనా లక్ష్యములు

విద్యార్థులు క్రింది అంశాలను గురించి తెలుసుకుంటారు.

- కెప్లర్ యొక్క గ్రహచలన నియమాలు.
- న్యూటన్ యొక్క గురుత్వాకర్షణ నియమము.
- కెప్లర్ నియమాలు మరియు గురుత్వాకర్షణ నియమానికి మధ్య గల సంబంధం.
- గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము మరియు గురుత్వాకర్షణ సంభావ్య బలాన్ని లెక్కించుట.
- గురుత్వాకర్షణను అనుసరించి ఏర్పడు త్వరణ మార్పులను లెక్కించుట.
- ఉపగ్రహాల ప్రయాణ వేగము మరియు ఉపగ్రహ బలమును లెక్కించుట.
- "భార రహితము" – భావనావిష్కరణ.
- భూకేంద్రీయ వ్యవస్థపై సౌరకేంద్రీయ వ్యవస్థ యొక్క ప్రభావం.
- ఎరటోస్థనీస్ పద్ధతిలో భూవ్యాసార్ధమును కొలుచుట.
- గురుత్వాకర్షణ మరియు ఖగోళ భౌతిక శాస్త్రములందు ఆధునిక అభివృద్ధి.

WD14C

6.1 పరిచయము (INTRODUCTION)

మనము నక్షత్రాలతో మెరుస్తున్న ఆకాశమును చూసినప్పుడు సంభ్రమం చెందుతాము. తూర్పున ఉదయించి పడమర దిక్కులో అస్తమించెడి సూర్యుడిని చూసి ఆశ్చర్యం పొందుతాము. ఆకాశంలో నక్షత్రాలు, తోక చుక్కల మెరుపులను వింతగా చూస్తాము. నేటికీ ఆకాశంలోని మార్పులు మానవాళికి జిజ్ఞాసను కలిగిస్తూనే ఉంది నక్షత్రాలు, చంద్రుడు మరియు గ్రహముల చలనాలు ఎంతో ఆశ్చర్యం కల్గిస్తాయి. అరిస్టాటిల్ మొదలుకొని స్టీఫెన్ హాకింగ్స్ లాంటి గొప్ప విజ్ఞానశాస్త్రవేత్తలందరూ రోదసిలోని ఖగోళ వస్తువుల చలనమునకు కారణమేమిటో అర్థం చేసుకోవడానికి ప్రయత్నిస్తూనే ఉన్నారు.

17 వ శతాబ్దపు చివరి కాలంలో న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన "గురుత్వాకర్షణ సూత్రము" (Theory of Gravitation) ఖగోళ మరియు భౌగోళిక వస్తు చలనములకు కారణాలను వివరించింది. గత మూడు శతాబ్దాలుగా గురుత్వాకర్షణ మరియు ఖగోళ వస్తువులపై దాని ప్రభావమును గురించి పలు పరిశోధనలు జరిగిననూ, నేటికీ 'గురుత్వాకర్షణ' అంశముపై పరిశోధనలు చేయుటకు అనువైన రంగముగా ఉన్నది. 1915 వ సం॥ "ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్" సూత్రీకరించిన "గురుత్వాకర్షణ అలలు" (Gravitational waves) 2017 వ సం॥ ప్రయోగాత్మకంగా కనుగొనబడుట వలన, ఈ ఆవిష్కరణకు "నోబెల్ బహుమతి" ఇవ్వబడింది. గ్రహ చలనాల అవగాహన; నక్షత్రాలు మరియు పాలపుంత రూపొందిన విధము, బ్లాక్‌హోల్ (చీకటి బిలం / కాల బిలం) వంటి భారీ పదార్థాల పుట్టుకను గురించిన పరిశోధనలు కొన్ని బ్లాక్‌హోల్ నిరంతరం కొనసాగుతునే ఉన్నాయి.

సౌర వ్యవస్థ యొక్క భూ కేంద్రీయ నమూనా: (Geocentric Model of Solar System)

2 వ శతాబ్దంలో గ్రీకు – రోమన్ ఖగోళ శాస్త్రవేత్త అయిన 'క్లాడియస్‌టాలమీ', సూర్యుడు, చంద్రుడు,

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 1 17-03-2023 14:55:57

అంగారకుడు, గురువు వంటి ఖగోళ వస్తువుల చలనమును వివరించుటకు ఒక సిద్ధాంతమును అభివృద్ధి పరిచెను. దీనికి "భూ కేంద్రీయ నమూనా" అని పేరు. టాలమీ భూకేంద్ర సిద్ధాంతం ప్రకారం విశ్వము నందు "భూమి" కేంద్రముగా ఉండి, సూర్యుడు, చంద్రుడు మరియు ఇతర ఖగోళ వస్తువులన్నియూ భూమి చుట్టూ భ్రమణము చెందుతాయి. టాలమీ నమూనా అనునది కంటితో నేరుగా ఆకాశాన్ని పరిశీలించినపుడు, మామూలు దృష్టి పరిశీలనకు దగ్గరిగానే ఉండెను. అయితే తర్వాతి కాలంలో టాలమీ నమూనా సూర్య చంద్రుల చలనాలకే వర్తిస్తుందని అంగారకుడు, గురువు వంటి గ్రహాలకు వర్తించదని గుర్తించారు.

నికోలస్ కోపర్నికస్ యొక్క "సౌర కేంద్రీయ నమూనా" (Heliocentric Model of Nicholas Copernicus)

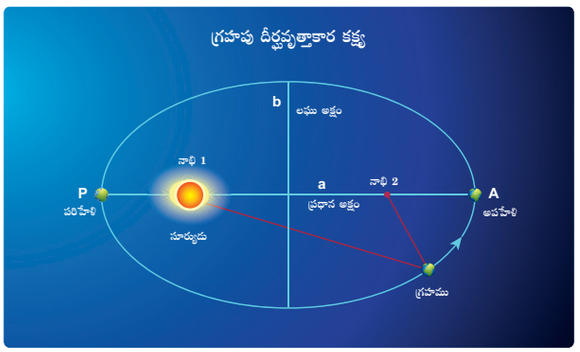
15 వ శతాబ్దంలో పోలండుకు చెందిన ఖగోళ శాస్త్రవేత్త నికోలస్ కోపర్నికస్ (1473 – 1543) "సౌరకేంద్రక నమూనా" అనెడి నూతన సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించెను. సౌరకేంద్రీయ సిద్ధాంతం ప్రకారం, సౌర వ్యవస్థ యందు సూర్యుడు కేంద్ర భాగంలో యుండి, భూమితో సహా ఇతర గ్రహాలన్నియూ వృత్తాకార కక్ష్యలో సూర్యుడి చుట్టూ భ్రమణము చెందుతాయి. ఈ సిద్ధాంతము అన్ని ఖగోళ వస్తువుల చలనాలను విజయవంతంగా వివరించింది.

అదే సమయంలో ఇటలీకి చెందిన గెలీలియో అనబడు భౌతిక శాస్త్రవేత్త భూమికి సమీపంలోని వస్తువులన్నియూ భూమికి సమానమైన వేగంతో భూమితో పాటు భ్రమణము చెందుతున్నాయని పేర్కొనెను. 'టైకో బ్రాహే' (1546 – 1601) అనునతడు తన జీవితాన్ని నక్షత్రాలు మరియు గ్రహాల చలన స్థితులను పరిశీలించి నమోదు చేయుటకు అంకితం గావించెను. ఇతడు సేకరించిన గణాంకాలను విశ్లేషించడం ద్వారా అతని సహాయకుడగు "జొహాన్నస్ కెప్లర్" (1571 – 1630) గ్రహ చలన నియమములను రూపొందించెను. ఈ నియమాలు కెప్లర్ యొక్క గ్రహ చలన నియమాలు అని పిలువబడెను.

6.1.1 కెప్లర్ యొక్క గ్రహచలన నియమాలు (Kepler's Laws of Planetary Motion)

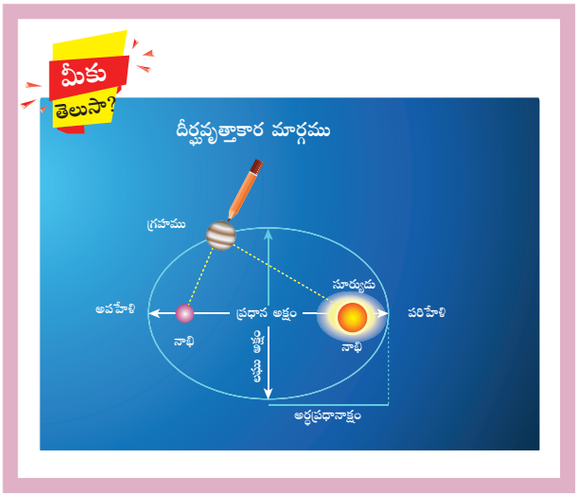
కెప్లర్ నియమాలను ఈ క్రింది విధముగా వివరించవచ్చును.

1. **కక్ష్యా నియమము (Law of orbits:)**
   సూర్యుడు ఏదైనా ఒక నాభి యందుండి ప్రతి గ్రహము సూర్యుని చుట్టూ దీర్ఘవృత్తాకార కక్ష్యలో గమనము చెందుచుండును. గ్రహము సూర్యునికి దగ్గరగా ఉండు స్థానమును 'పరిహేళి' అందురు. గ్రహము సూర్యుని నుండి దూరముగానున్నప్పుడు 'అపహేళి' అందురు.

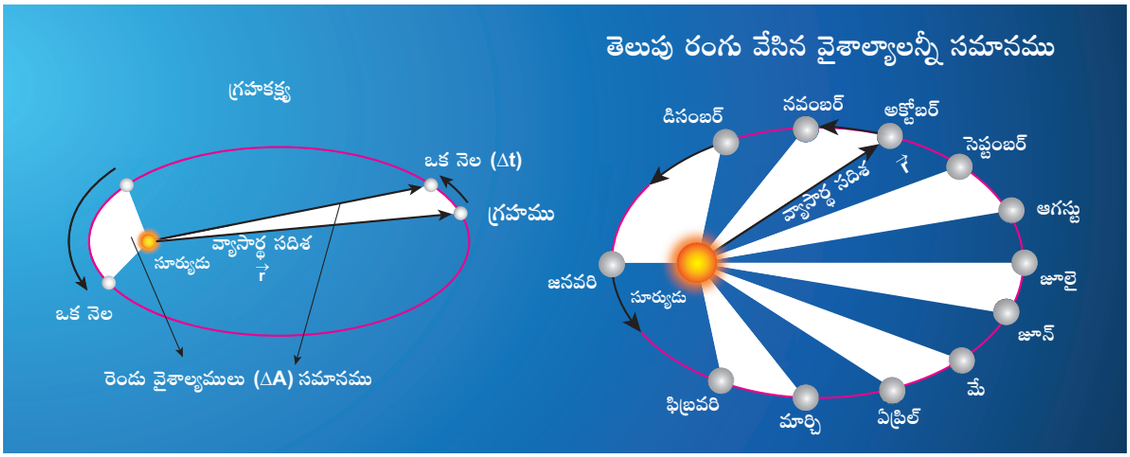


పటము 6.1 దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలో సూర్యుని చుట్టి వచ్చెడి గ్రహము

'కోపర్నికస్ మరియు టాలమీ గ్రహచలనా కక్ష్య వృత్తాకారమని చెప్పగా, నిజంగా గ్రహచలనాలు దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలో ఉండునని కెప్లర్ నిరూపించెను.



11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 2 17-03-2023 14:55:58



పటము 6.2 వైశాల్య సూత్రమును నిరూపించెడి సూర్యుడిని చుట్టి వస్తున్న గ్రహచలన నియమము

2. వైశాల్య నియమము (Law of area)

సూర్యున్ని గ్రహమును కలుపు రేఖ (వ్యాసార్ధ సదిశ) సమాన కాల వ్యవధులలో సమాన వైశాల్యములను ఏర్పరచును.

గ్రహము సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమణం చెందునప్పుడు Δt స్వల్ప కాలాంతరములో వ్యాసార్ధ సదిశ ఏర్పరచు వైశాల్యం ΔA. పటము 6.2లో తెల్లరంగులా సూచించబడినది. దీర్ఘ వృత్తము నందలి కేంద్ర భాగంలో సూర్యుడు లేనప్పుడు, గ్రహము సూర్యునికి దగ్గరగా ఉన్న సమయాల్లో అధిక దిశావేగంతో దూరంగా ఉన్నప్పుడు తక్కువ దిశావేగంతో ఒకే సమయాంతరాల్లో ఒకే వైశాల్యములో చలించును. గ్రహాల వేగాల్లోని వ్యత్యాసాలను క్షుణ్ణంగా పరిశోధించి "వైశాల్య నియమమును" కెప్లర్ సూత్రీకరించెను.

3. ఆవర్తన కాల నియమము (Law of period)

దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలో సూర్యుని చుట్టి వచ్చెడి గ్రహము యొక్క ఆవర్తన కాలం యొక్క వర్గము, ఆ దీర్ఘ వృత్తము యొక్క అర్ధ ప్రధాన అక్షము యొక్క ఘనమునకు (ఘాతము) అనులోమానుపాతములో యుండును.

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

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

ఇందులో T అనునది గ్రహము యొక్క భ్రమణ కాలము a అనునది అర్ధ ప్రధానాక్ష పొడవు. ఈ సూత్రము మనకు భౌతికంగా తెలియజేయు విషయం ఏమనగా, సూర్యుడి నుండి గ్రహము ఉన్న దూరం అధికరించినచో, భ్రమణ కాలము కూడా అధికరించును. అయితే, వేగ పరిమితి ఒకేలాగ ఉండదు.

సూర్యుని చుట్టూ భ్రమణం చెందుతున్న గ్రహముల చలన కాలము మరియు వాటి అర్ధ – ప్రధానాక్షము పట్టిక 6.1 లో చూపబడింది. ఇందులోని నాలుగవ వరుస కెప్లర్ మూడవ సూత్రం ప్రకారము $\frac{T^2}{a^3}$ అనునది ఒక స్థిర సంఖ్య అగును.

పట్టిక 6.1 సూర్యుడి చుట్టూ భ్రమణము చెందుతున్న గ్రహముల భ్రమణ కాలము T మరియు అర్ధ – ప్రధానాక్షములు a

గ్రహము	a (10^{10} మీ)	T (సంవత్సరాలు)	$\frac{T^2}{a^3}$
బుధుడు	5.79	0.24	2.95
శుక్రుడు	10.8	0.615	3.00
భూమి	15.0	1	2.96
కుజుడు	22.8	1.88	2.98
గురువు	77.8	11.9	3.01
శని	143	29.5	2.98
యురేనస్	287	84	2.98
నెప్ట్యూన్	450	165	2.99

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 3 17-03-2023 14:55:59

ఆలోచించుము

గణాంకము			సమస్య
గ్రహము	a	T	a మరియు T మధ్య సంబంధమును తెలియజేయు నియమమేది?
A	1	3	
B	2	6	
C	4	18	

ఇవ్వబడిన ఊహాత్మక గ్రహాల యొక్క a మరియు T మధ్య గల సంబంధముల గురించి వ్యాఖ్యానించుము.

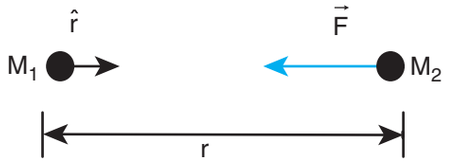
6.1.2 విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమము (Universal Law of Gravitation)

కెప్లర్ సూత్రములు గ్రహ చలనములను వివరించుటకు తోడ్పడిననూ, వాటికి కారణమైన బలములను వివరించలేకపోయెను. అయితే, కెప్లర్ మరియు గెలీలియో సూత్రాలను పరిశీలించి, విశ్లేషణ గావించిన ఐజక్ న్యూటన్ యొక్క గురుత్వాకర్షణ సూత్రము ద్వారా వివరించుటకు సాధ్యమైనది.

న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సూత్రము ప్రకారం, M_1 ద్రవ్యరాశి కల్గిన ఒక పదార్థము విశ్వము నందలి M_2 అనబడు ఇతర పదార్థమును ఆకర్షించెడి బలమును కలిగియుండును. ఈ ఆకర్షణ బలము వస్తు ద్రవ్యరాశుల లబ్ధానికి అనులోమాను పాతములో వాటి మధ్యగల దూరము యొక్క వర్గానికి విలోమాను పాతంలోను ఉండును. దీనిని క్రింది గణిత సూత్రముగా వ్రాయవచ్చును.

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

క్రింద ఇవ్వబడిన పటము 6.3 నందు $\hat{r}$ అనునది M_1 నుండి M_2వైపు వెళ్ళే సదిశ ప్రమాణము. G అనునది $6.67\times10^{-11} N m^2 kg^{-2}$ విలువ కలిగిన గురుత్వాకర్షణ స్థిరాంకము. r అనునది M_1 మరియు M_2 ద్రవ్యరాశుల మధ్య గల దూరము $\vec{F}$ అనునది M_2 ద్వారా M_1 పొందిన గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని సూచించుచున్నది. ఇందులోని ఋణ సంకేతము (negative sign) గురుత్వ బలము ఎల్లప్పుడూ ఆకర్షణ స్వభావాన్ని పొందియుండుననియూ, దీని ప్రయాణ దిశ రెండు ద్రవ్యరాశులు కలిగే రేఖ వైపు ఉండునని తెలియజేయును.

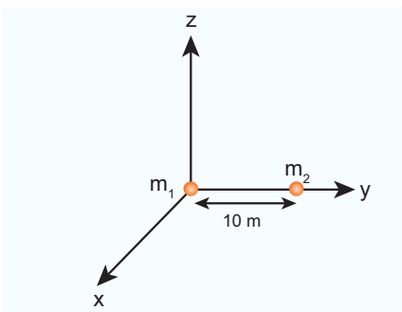


పటము 6.3 రెండు ద్రవ్యరాశులు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుట.

కార్టీషియన్ నిరూపకములందు (cartesian coordinates) దూరము యొక్క వర్గమును $r^2=(x^2+y^2+z^2)$ గా సూచింతురు. దీనిని గురించి రెండవ అధ్యాయము నందు చదివెదము.

ఉదాహరణ 6.1

m_1 మరియు m_2 అను రెండు ద్రవ్యరాశుల బిందువులు పటములో చూపినట్లుగా 10 మీ దూరముతో వేరు చేయబడినవని అనుకొందుము. వీటి మధ్యగల (గురుత్వ) ఆకర్షణ బలమును లెక్కించి ఆ రెండు బలముల పరస్పర ఆకర్షణ దిశలను గుర్తించుము. m_1= 1 కి.గ్రా మరియు m_2 = 2 కి.గ్రా లుగా తీసుకొనుము



11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 4 17-03-2023 14:56:01

సాధన

ఆకర్షణ బలము

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

ఇవ్వబడిన, r =10 మీ.

మొదటగా గురుత్వ బలము యొక్క పరిమాణమును లెక్కిద్దాం.

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

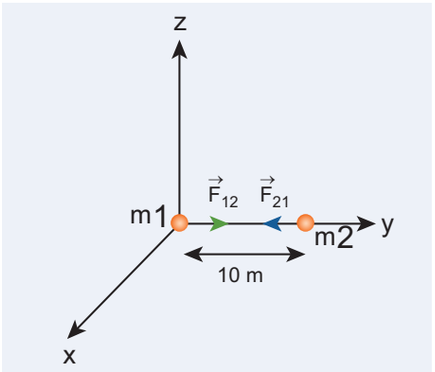
ఇది తక్కువ పరిమాణంలో ఉన్న బలము రెండు ద్రవ్యరాశుల మధ్యగల గురుత్వ ఆకర్షణయే దీనికి కారణము. తక్కువ పరిమాణంలోని గురుత్వబలము G, బలము యొక్క పరిమాణమును నిర్దేశించుటలో తక్కువగా ప్రభావం చూపును.

m_1 వలన m_2 ద్రవ్యరాశి పొందిన ఆకర్షణ బలము ($\vec{F}_{21}$) ఋణాత్మక 'y' దిశను కల్గియున్నది. అనగా $\hat{r} = -\hat{j}$. న్యూటన్ మూడవ చలన సూత్రం ప్రకారం m_2 ద్రవ్యరాశి సమానమైన వ్యతిరేక బలమును m_1 పై ప్రదర్శించును. కావున m_2 వలన m_1 పొందు ఆకర్షణ బలము ($\vec{F}_{12}$) అనునది 'y' అక్షము నందు ధనాత్మక దిశను కల్గియుండును. అనగా $\hat{r} = \hat{j}$.

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

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

బలము యొక్క దిశ క్రింది పటంలో చూపబడింది.

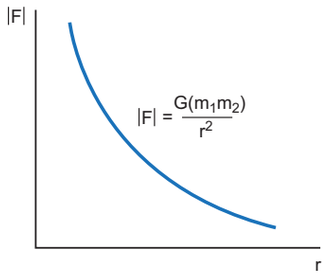


m_1 మరియు m_2 ల మధ్య గల గురుత్వాకర్షణ బలము

$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ న్యూటన్ మూడవ చలన సూత్రమును నిరూపించుచున్నది.

గురుత్వాకర్షణ బలము యొక్క విశిష్ట ధర్మములు

- రెండు ద్రవ్యరాశుల మధ్యగల దూరము అధికరించినపుడు గురుత్వాకర్షణ బలము తక్కువగా ఉండును. విలోమము r^2 పై ఆధారపడియుండుటయే దీనికి కారణం. యురేనస్ గ్రహము సూర్యుని నుండి భూమి కంటే తక్కువ గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని కల్గియుండుటను భౌతిక ఉదాహరణగా చెప్పవచ్చును. దీనికి కారణం యురేనస్ సూర్యుడి నుండి భూమికంటే ఎక్కువ దూరంలో ఉండుటయే.



పటము 6.4 దూరము వలన గురుత్వాకర్షణ బలములో ఏర్పడు మార్పులు

- రెండు బిందువుల మధ్య రూపొందెడి గురుత్వాకర్షణ బలములు ఎల్లప్పుడూ చర్య మరియు ప్రతి చర్యలను (action-reaction pair) సమానంగా కల్గియుండును. సూర్యుని నుండి భూమిపైకి కలిగించబడు గురుత్వాకర్షణ బలము ఎల్లప్పుడూ సూర్యుని వైపే ప్రతిచర్యనొందును. తద్వారా భూమి నుండి సూర్యుని వైపు ప్రతిచర్య బలము పనిచేయును. ఈ ప్రతి చర్య బలము యొక్క దిశ భూమి వైపు ఉండును.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 5 17-03-2023 14:56:04

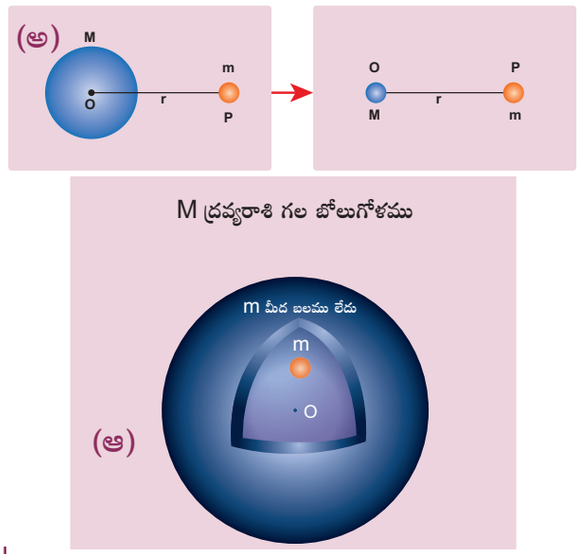
- సూర్యుని గురుత్వాకర్షణ బలము వలన భూమి పొందెడి భ్రమణ బలము

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

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

కావున $\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} = 0$. ఇందులోని కోణీయ చలనము $\vec{L}$ ఒక సదిశ స్థిరాంకము. సూర్యునికి భూమికి మధ్యగల కోణీయ చలనము ఎల్లప్పుడూ స్థిరాంకముగనే ఉండును. ఇది అన్ని గ్రహాల విషయంలోనూ వర్తించును. కోణీయ చలనము యొక్క స్థిరత్వము కెప్లర్ యొక్క రెండవ సూత్రమును ఋజువు చేయుచున్నది.

- $\vec{F} = -\frac{GM_1M_2}{r^2}\hat{r}$ అను అనుషంగిక ప్రతిపాదనలో M_1 మరియు M_2 అనునవి ద్రవ్యరాశి బిందువులు. సూర్యుని గురుత్వాకర్షణ బలము వలన భూమి సూర్యుని చుట్టూ భ్రమణము చెందుతున్నది. ఇందులో సూర్యుడు మరియు భూమి ద్రవ్యరాశి బిందువులుగా భావించుము. ఈ రెండు వస్తువుల మధ్య గల దూరము వాటి వ్యాసము కంటే చాలా ఎక్కువ. కావున, ఈ సరియైన అనుషంగిక ప్రతిపాదనయే సరియైన ఉజ్జాయింపు విలువను ఇవ్వగలదు. అసమ మరియు వక్రతల వస్తువులు ఒక కనీస దూరము వలన వేరుచేయబడినపుడు పై సమీకరణమును ప్రత్యక్షంగా ఉపయోగించుట లేదు. సమీకరణము (6.3) నుండి అయితే, దీనికి ప్రత్యేక గణిత పరిష్కారము ఉన్నత తరగతులందు చూడదగును.
- అయిననూ కొన్ని ప్రత్యేక సందర్భాల్లో ఈ అనుషంగిక ప్రతిపాదన బిందు ద్రవ్యరాశులకు వర్తించుట లేదు. సమాన సాంద్రత కలిగిన బోలు గోళము M అనబడు బిందు ద్రవ్యరాశి మరియు బోలు గోళమునకు వెలుపల గల బిందు ద్రవ్యరాశి m ల మధ్య గల గురుత్వ బలమును లెక్కించడానికి, శూన్య గోళము M యొక్క ద్రవ్యరాశిని బోలు గోళము యొక్క కేంద్ర భాగంలోని బిందు ద్రవ్యరాశిగా పరిగణించాలి. బోలు గోళమును మరొక బిందు ద్రవ్యరాశిగా పరిగణించుట ద్వారా గురుత్వబలమును లెక్కించవచ్చును. బోలు గోళము యొక్క మొత్తము ద్రవ్యరాశి బోలు గోళము యొక్క కేంద్ర భాగము నందే కేంద్రీకృతమై యుండును. ఇది పటము 6.5 (అ) లో చూపబడింది.
- ఇంకొక ఆసక్తికరమైన ఫలితాన్ని గమనించవచ్చును. M ద్రవ్యరాశి గల బోలు గోళమును తీసుకుందాం. పటము 6.5 (ఆ) లో చూపబడినట్లు బోలు గోళానికి లోపలి వైపు 'm' ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువును ఉంచినపుడు, ఆ వస్తువు పొందెడి గురుత్వబలము శూన్యము (zero) ఉండును. ఈ విధమైన లెక్కింపు విధానము గురించి ఉన్నత తరగతులందు తెలుసుకొనవచ్చును.



పటము 6.5 బోలు గోళములో ఉంచబడిన ద్రవ్యరాశి

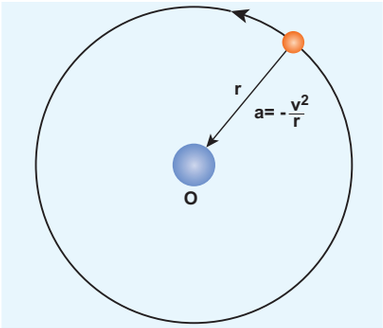
- చెట్టు నుండి మామిడి పండు భూమిపై పడుట, చంద్రుడు భూమిని చుట్టి వచ్చుట వంటి తార్కాణాల ద్వారా గురుత్వాకర్షణ బలము విజయవంతంగా నిరూపణ గావించబడుతున్నది.

న్యూటన్ యొక్క విలోమ వర్గ నియమము (Newton's inverse square Law)

గ్రహముల యొక్క పరిభ్రమణ కక్ష్యలు వృత్తాకారంలో ఉన్నవని న్యూటన్ గుర్తించెను. r వ్యాసార్ధము గల వృత్తాకార కక్ష్యలో కేంద్రము వైపు పనిచేయు అభికేంద్ర త్వరణము (centripetal acceleration)

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

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 6 17-03-2023 14:56:05



పటము 6.6 వృత్తాకార కక్ష్యలో భ్రమించెడి బిందు ద్రవ్యరాశి

ఇందులో v అనునది వేగము, r అనునది కక్ష్య యొక్క కేంద్రము నుండి గ్రహమునకు గల దూరము (పటము 6.6).

r మరియు T రాశుల వేగము అనునది

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

ఇచ్చట T అనునది గ్రహము యొక్క భ్రమణ కాలము v విలువను (6.4) వ సమీకరణము నందు ప్రతిక్షేపించినచో లభించునది

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

(6.6) సమీకరణంలోని 'a' విలువను న్యూటన్ రెండవ చలన నియమము $F = ma$ కు ('m' అనునది గ్రహము యొక్క ద్రవ్యరాశి) అన్వయించినచో లభించునది.

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

కెప్లర్ యొక్క మూడవ నియమము

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

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

(6.9) సమీకరణమును గురుత్వ బల సమీకరణం (6.7) లో ప్రతిక్షేపించగా 'గురుత్వాకర్షణ సూత్రము' లభించును.

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

ఇచ్చట ఋణ సంకేతము గురుత్వాకర్షణ బలము కేంద్రము వైపు పనిచేయుటను సూచించును. (6.10) వ సమీకరణము నందు, గ్రహము యొక్క ద్రవ్యరాశి 'm' లభించియున్నది. అయితే న్యూటన్ యొక్క మూడవ చలన సూత్రము ప్రకారము, భూమి సూర్యుని చేత ఆకర్షింపబడినచో, సూర్యుడు కూడా అదే బల పరిమాణముతో భూమిచే ఆకర్షింపబడును. కావున సూర్యుని ద్రవ్యరాశి (M) కూడా గురుత్వ బలమును (6.10) ప్రదర్శించుచున్నది. ఈ పరిశీలన వలన న్యూటన్ $4\neq^2 k$ అను స్థిరాంకమును GM గా మార్చి, గురుత్వాకర్షణ సూత్రముగా సామాన్యీకరించెను.

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

ఇందులోని ఋణ సంకేతము కూడా గురుత్వ బలము యొక్క ఆకర్షణను సూచించుచున్నది.

దీనిననుసరించి గ్రహముల పరిభ్రమణ కక్ష్య వృత్తాకారము కాదని, గ్రహాలు దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యల్లో సూర్యుని చుట్టివస్తున్నాయని మనం భావించవచ్చును. అయితే, వృత్తాకార కక్ష్య అను భావన కూడా సరియైనదిగానే భావించాలి. ఎందుకనగా గ్రహాల కక్ష్య వృత్తాకారమే అయిననూ, అవి అత్యంత కనిష్ఠ స్థాయి 'విచలనం' (Deviation) మాత్రమే కలిగి ఉన్నాయి.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 7 17-03-2023 14:56:07

మీ ఆలోచన కొరకు!

ఒకవేళ కెప్లర్ సూత్రము "r^3T^2 = స్థిరాంకము అని కాకుండా, $\frac{r^3}{T^2}$ = స్థిరాంకము అని ఉండినచో క్రొత్త గురుత్వ నియమము ఏదిగా ఉండవచ్చును ? ఇది కూడా ఇప్పటి విలోమ వర్గ సూత్రము లాగే ఉంటుందా? దూరంతో పాటు గురుత్వాకర్షణ బలములో ఎలాంటి మార్పులు రూపొందును? క్రొత్త గురుత్వాకర్షణ సూత్రము వలన భూమితో పోల్చినపుడు 'నెప్ట్యూన్' గ్రహము యొక్క గురుత్వాకర్షణ బలము ఎక్కువగా ఉంటుందా? లేదా తక్కువగా ఉంటుందా?

ఉదాహరణ 6.2

భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ బలము వలన చంద్రుడు మరియు ఆపిల్‌లు ఒకే రకముగా త్వరణము చెందును. వీటి రెండింటి త్వరణములను పోల్చుము.

భూమి వలన ఆపిల్ పొందగల గురుత్వాకర్షణ బలము

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

ఇక్కడ M_A– ఆపిల్ ద్రవ్యరాశి, M_E– భూ ద్రవ్యరాశి మరియు R – భూ వ్యాసార్ధము అనుకొందుము. ఈ సూత్రమును న్యూటన్ రెండవ సూత్రములో అన్వయించగా,

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

పై సమీకరణాన్ని సామాన్యీకరణం గావించినచో

$$a_A = -\frac{GM_E}{R^2}$$ లభించును.

ఇక్కడ a_A అనునది 'g'. కు సమానంగా ఉన్న ఆపిల్ యొక్క త్వరణమగును.

అదే విధంగా భూమి వలన చంద్రుడు పొంద గల గురుత్వాకర్షణ బలము

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

ఇక్కడ R_m- భూమికి చంద్రునికి మధ్య గల దూరము, M_m – చంద్రుని ద్రవ్యరాశి

చంద్రుని యొక్క త్వరణము

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

చంద్రుని త్వరణమునకు మరియు ఆపిల్ యొక్క త్వరణమునకు మధ్యగల నిష్పత్తి

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

హిప్పార్కస్ కొలమానం ప్రకారం భూమి నుండి చంద్రునికి గల దూరము భూమి యొక్క వ్యాసార్ధము కంటే 60 రెట్లు ఎక్కువ $R_m = 60R$.

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

చంద్రుని త్వరణము కంటే ఆపిల్ యొక్క త్వరణము 3600 రెట్లు ఎక్కువ.

న్యూటన్ యొక్క గురుత్వాకర్షణ సూత్రము ద్వారా పైన లభించిన ఫలితమే వచ్చెను. ఆపిల్ యొక్క త్వరణమును సులభంగా 9.8 m s^{-2} అని లెక్కింపబడెను. చంద్రుడు భూమిని ఒకసారి చుట్టి వచ్చుటకు అగు కాలము 27.3 రోజులు. అభికేంద్ర త్వరణ సూత్రమును ఉపయోగించినచో (మూడవ పాఠంలో చూడుము)

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

గురుత్వాకర్షణ నియమము ద్వారా ఈ ఖచ్చితమైన ఫలితమును న్యూటన్ పొందెను.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 8 17-03-2023 14:56:09

గమనిక

పైన సూచించిన లెక్కింపు అనునది భూమికి చంద్రునికి మధ్య గల దూరము మరియు భూమి యొక్క వ్యాసార్ధముపై ఆధారపడియుండును. భూమి యొక్క వ్యాసార్ధమును గ్రీకు లైబ్రేరియన్ 'ఎరటోస్థనీస్ (Eratosthenes) కనుగొనెను. భూమి మరియు చంద్రునికి మధ్యగల దూరమును 2400 సం॥ పూర్వము గ్రీకు ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞుడు 'హిపార్కస్' కనుగొనెను. ఉన్నత పాఠశాలలోని (high school) "జ్యామితి మరియు త్రికోణమితి" గణిత సూత్రాలను ఉపయోగించి ఇతడు భూమి, చంద్రుల మధ్య గల దూరాన్ని కనుగొనుట అత్యంత ఆశ్చర్యకరమైన విషయం. దీనిని గూర్చిన విషయాలను ఖగోళశాస్త్ర (6.5) విభాగంలో తెలుసుకుందాం.

6.1.3 గురుత్వ స్థిరాంకము (Gravitational Constant)

గురుత్వాకర్షణ నియమము నందు "గురుత్వ స్థిరాంకము" G విలువ ప్రముఖ స్థానమును కల్గియున్నది. రెండు చిన్న వస్తువుల మధ్య (ఇద్దరు మనుష్యుల మధ్య) లోపించిన గురుత్వాకర్షణ బలము, సూర్యునికి భూమికి మధ్య మాత్రము అత్యంత అధికంగా ఉండుటను గురించి G విలువ వివరించును.

భూ ఉపరితలముపై 'm' ద్రవ్యరాశిపై పనిచేయు (గురుత్వ) బలము (పటము 6.7)

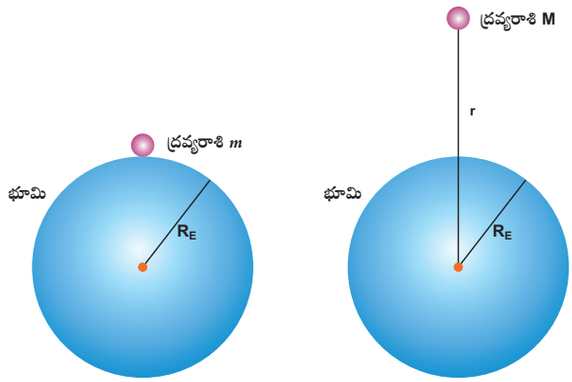
$$F = -\frac{GM_E m}{R_E^{\,2}} \qquad (6.11)$$

ఇక్కడ M_E భూమి యొక్క ద్రవ్యరాశి, m - వస్తు ద్రవ్యరాశి, R_E భూ వ్యాసార్ధము అగును.

$F = -mg$, న్యూటన్ రెండవ నియమాన్ని సమీకరణము (6.11) తో సమానపరచగా లభించునది

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

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



పటము 6.7 భూ (i) ఉపరితలముపై వస్తువు పొందు గురుత్వ బలము.
(ii) భూ కేంద్రానికి దూరములో నున్న వస్తువు పొందు గురుత్వ బలము

భూ కేంద్రమును r దూరము నందు M ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు పొందగల గురుత్వ బలము

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

g విలువను (6.12) సమీకరణము నందు ప్రతిక్షేపించినచో లభించెడి గురుత్వ బలము F

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

దీని ద్వారా g విలువ తెలిసినపుడు గురుత్వ బలమును లెక్కించుట సులభమని తెలియుచున్నది. పై లెక్కింపు నందు G విలువ అవసరం లేదనుటను గమనించవచ్చును.

మీకు తెలుసా?

1798 వ సం॥ హెన్రీ కావెండిష్ అను శాస్త్రవేత్త 'టార్సన్ బాలెన్స్' ను (torsion balance) ఉపయోగించి గురుత్వ స్థిరాంకము 'G' యొక్క విలువను కొనుగొనెను. 'G' యొక్క విలువను $6.75\times10^{-11}\,\mathrm{N\,m^2kg^{-2}}$ గా లెక్కించెను. ఆధునిక సాంకేతికత ద్వారా 'G' యొక్క ఖచ్చితమైన విలువ తర్వాతి కాలంలో గణించబడింది. విశ్వవ్యాప్తంగా ఆమోదింపబడిన గురుత్వ స్థిరాంకము 'G' యొక్క విలువ $6.67259\times10^{-11}\,\mathrm{N\,m^2kg^{-2}}$.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 9 17-03-2023 14:56:12

6.2

గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము మరియు గురుత్వ స్థితిజ శక్తి (GRAVITATIONAL FIELD AND GRAVITATIONAL POTENTIAL)

6.2.1 గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము (Gravitational field)

రెండు వస్తువుల మధ్య పరస్పర చర్యలు జరుగుట వలన బలము రూపొందుచున్నది. పరస్పర చర్యను (interaction) ఆధారం చేసుకొని బలమును రెండు రకాలుగా వర్గీకరించవచ్చును. అవిస్పృశించు బలము మరియు స్పృశించని బలము.



పటము 6.8 స్పృశించు బలము మరియు స్పృశించని బలముల వివరణ

ఒక వస్తువు భౌతికంగా మరో వస్తువును స్పృశించునపుడు రూపొందెడి బలము స్పృశించు బలము (Contact forces) వస్తువు మరియు వస్తువుపై ప్రయోగింపబడు ప్రాతినిధ్య బలముల మధ్య భౌతిక స్పర్శ పొందుట వలన వస్తువు చలనము చెందును.

ఉదాహరణకు సూర్యుని చుట్టివచ్చుచున్న భూమిని తీసుకొందాము. సూర్యుడు మరియు భూమి భౌతికంగా స్పర్శించుకొనుట లేదు. అయితే వీటి మధ్య పరస్పర చర్య రూపొందుచున్నది. సూర్యుని గురుత్వాకర్షణ బలమును భూమి పొందుట వలన ఇది సంభవించుచున్నది. ఈ గురుత్వాకర్షణ బలము ఒక స్పృశించని బలము (non-contact force) లేదా ప్రాతినిధ్య బలము అనబడును.

భూమికి చాలా దూరములో ఎలాంటి ప్రత్యక్ష స్పర్శ లేకుండా సూర్యుడు భూమిపై ఆకర్షించు బలాన్ని ప్రదర్శించుట అత్యంత విస్మయపరిచే అంశము. లాగుట, నెట్టుట వంటి స్పర్శా బలముల ద్వారా బలము యొక్క పరిమాణమును లెక్కింపవచ్చును. అయితే వేర్వేరు దూరములందు స్పృశించని బలముల సమర్థతను అర్థం చేసుకొనుటకు మరియు లెక్కించుటకు "గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము" అనే భావన పరిచయం చేయబడెను.

'm_1' ద్రవ్యరాశి గల కణము వలన 'm_2' ద్రవ్యరాశి గల కణముపై పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలము

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

ఇచ్చట $\hat{r}$ అనునది m_1 మరియు m_2 ద్రవ్యరాశులను కలిపెడి రేఖ యందలి m_1 నుండి m_2 బిందువులకు గల ప్రమాణ సదిశను సూచించును.

m_1 నుండి r దూరములోని ఒక బిందువు వద్ద గురుత్వాకర్షణ క్షేత్ర తీవ్రత $\vec{E}_1$ (దీనిని తరువాత గురుత్వ క్షేత్రముగా పిలువబడును) అనునది "నిర్ణీత బిందువు వద్ద ప్రామాణిక ద్రవ్యరాశి ద్వారా రూపొందెడి గురుత్వాకర్షణ బలము" అని చెప్పబడును.

దీనిని $\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_{21}}{m_2}$ లో సమీ॥ (6.14)లో ప్రతిక్షేపించగా

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

$\vec{E}_1$ అనునది m_1 ద్రవ్యరాశి వైపున్న సదిశ ప్రమాణము మరియు ఇది m_2 ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడి ఉండదు. ఇక్కడ m_2 ను ప్రామాణిక పరిమాణముగా

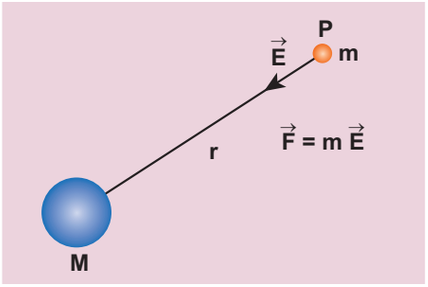
11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 10 17-03-2023 14:56:13

స్వీకరించబడును. r అను ప్రమాణము $\vec{E}_1$ కు మరియు సందిగ్ధ బిందువుకు మధ్యగల కలుపు రేఖ అగును. గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము E_1అనునది ద్రవ్యరాశి m_1 వలన రూపొందును.

సాధారణంగా $\hat{r}$ దూరము వద్ద M ద్రవ్యరాశి వలన ఏర్పడు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్ర తీవ్రత.

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

గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము గల ప్రదేశము నందు P అను బిందువు వద్ద 'm' అనే ద్రవ్యరాశి ఉన్నదని అనుకొందాము (పటము 6.9). 'm' అను ద్రవ్యరాశి $\vec{E}$ క్షేత్రముతో పరస్పర చర్యనొంది M వలన ఆకర్షణ బలమును పొందుచున్నది. పటము (6.9) లో 'M' వలన 'm' పొందిన గురుత్వాకర్షణ బలము.



పటము 6.9 వస్తువు యొక్క ప్రామాణిక ద్రవ్యరాశితో గురుత్వ క్షేత్ర తీవ్రత కొలుచుట

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

దీనిని న్యూటన్ రెండవ నియమము $\vec{F} = m\vec{a}$ లో ప్రతిక్షేపించినచో

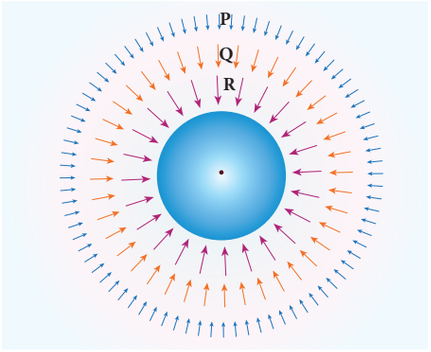
$$m\vec{a} = m\vec{E} \qquad (6.18)$$

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

సమీకరణము (6.18) ప్రకారం, ఒక బిందువు వద్ద రూపొందెడి గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము ఆ బిందువు వద్ద గల కణము యొక్క త్వరణమునకు సమానము. $\vec{a}$ మరియు $\vec{E}$ అనబడు వేర్వేరు భౌతిక రాశులు ఒకే పరిమాణము మరియు దిశను కల్గియుండుటను ఇది తెలియజేయుచున్నది. గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము $\vec{E}$ జనక ద్రవ్యరాశి (source mass) యొక్క ధర్మమును పొందియుండును. త్వరణము $\vec{a}$ అనునది గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము $\vec{E}$ నందు ప్రయోగ ద్రవ్యరాశి (ప్రామాణిక ద్రవ్యరాశి) వలన రూపొందు త్వరణమగును. రెండు ద్రవ్యరాశుల మధ్యగల స్పృశించని పరస్పర చర్యలు ద్వారా "గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము" అను భావన నిరూపితమైనది.

గుర్తుంచుకోవాల్సిన అంశాలు:

i) పటము 6.10 లో చూపబడిన విధంగా M ద్రవ్యరాశి నుండి దూరంగా వెళ్ళే కొలదీ గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము యొక్క బలము తగ్గుచుండును. దూరము r అధికమైనపుడు $\vec{E}$ యొక్క పరిమాణము తగ్గును.



పటము 6.10 దూరముతో పాటుగా గురుత్వాకర్షణ క్షేత్ర రేఖల బలము తగ్గిపోవుట.

పటము 6.10 లో P, Q, మరియు R అను బిందువుల వద్ద గల గురుత్వాకర్షణక్షేత్ర బలము $|\vec{E}_P| < |\vec{E}_Q| < |\vec{E}_R|$ అగును. P, Q, మరియు R బిందువుల వద్ద గల సదిశ పొడవును పోల్చి చూసినచో స్పష్టముగా వాటిని అర్థము చేసుకొనవచ్చును.

ii) క్షేత్రము (field) అను భావన గురుత్వాకర్షణ యొక్క పరస్పర చర్యను లెక్కించుటకు గల గణిత సాధనముగా పరిచయం చేయబడింది. తర్వాత క్షేత్రమును వాస్తవిక భౌతికరాశి అని కనుగొనబడెను. విశ్వాంతరాళములో ఇది శక్తి, ద్రవ్య వేగమును కలిగియుండును. విద్యుదావేశాల పనితీరును అర్థము చేసుకొనుటకు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రాన్ని గూర్చిన అవగాహన తప్పనిసరి.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 11 17-03-2023 14:56:15

iii) గురుత్వ క్షేత్ర ప్రమాణము న్యూటన్ / కిలోగ్రాము (N/kg) లేక $m\ s^{-2}$.

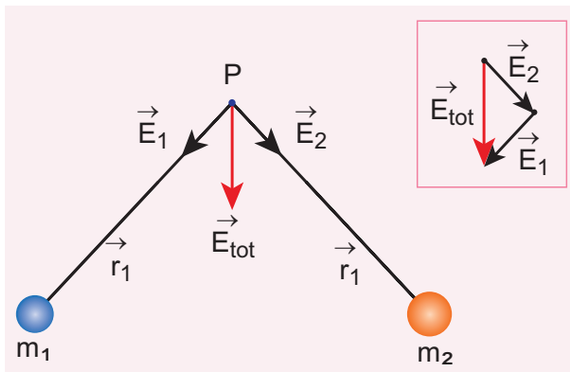
6.2.2 గురుత్వ క్షేత్రము యొక్క అధ్యారోపణ సిద్ధాంతము (superposition principle for Gravitational field)

$m_1, m_2, \ldots m_n$ ద్రవ్యరాశి గల 'n' కణాల స్థాన సదిశలు వరుసగా $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3 \ldots$ అనుకొనుము P బిందువు వద్ద గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము అనునది విడి విడి ద్రవ్యరాశుల వలన ఏర్పడే విడివిడి గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రసదిశా కూడికకు సమానము ఈ నియమాన్ని గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము యొక్క "అధ్యారోపణ" సిద్ధాంతమందురు.

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

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

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

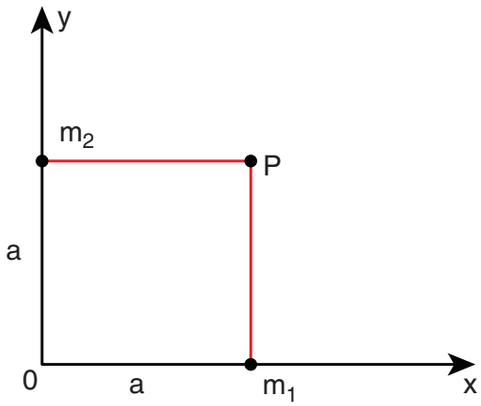


పటము 6.11 ఫలిత క్షేత్రాన్ని ఇచ్చే రెండు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్ర తీవ్రతల యొక్క అధ్యారోపణ స్థితి

విడివిడి ద్రవ్యరాశులకు బదులుగా అవిచ్ఛిన్నంగా వ్యాపించియున్న మొత్తం ద్రవ్యరాశి M గా అనుకొనిన P వద్ద గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రమును "సమాకలన పద్ధతి" P ని ఉపయోగించి లెక్కించవచ్చును.

ఉదాహరణ 6.3

అ) m_1 మరియు m_2 ద్రవ్యరాశులు వరుసగా x మరియు y అక్షములపై ఆది బిందువు నుండి 'a' దూరములో ఉంచబడియున్నది. క్రింది పటములో చూపబడిన P బిందువు వద్ద గురుత్వ క్షేత్రమును లెక్కింపుము.



సాధన:

m_1 ద్రవ్యరాశి వలన P బిందువు వద్ద గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము

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

m_2 ద్రవ్యరాశి వలన p బిందువు వద్ద గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము

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

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

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

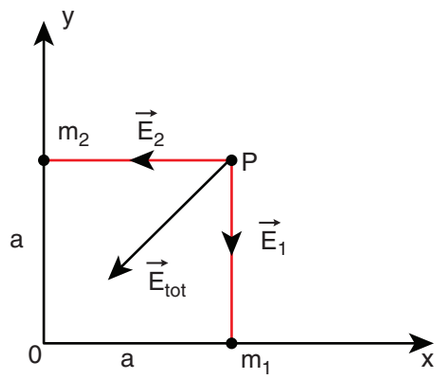
మొత్తం గురుత్వాకర్షణ క్షేత్ర దిశను m_1 మరియు m_2 ద్రవ్యరాశుల సంబంధ విలువను కనుగొనవచ్చును.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 12 17-03-2023 14:56:18

ఇక్కడ $m_1 = m_2 = m$

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

($\hat{i}+\hat{j} = \hat{j}+\hat{i}$ లు వినిమయ నియమాన్ని పాటించు సదిశలు).

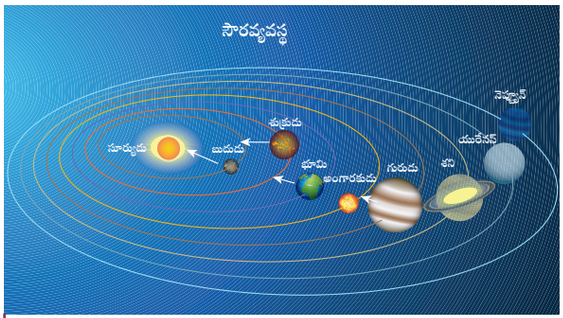


$\vec{E}_{total}$ నిరూపక వ్యవస్థ యొక్క మూల బిందువు వైపు అమరియున్నది మరియు $\vec{E}_{total}$ యొక్క పరిమాణము $\sqrt{2}\frac{Gm}{a^2}$.

ఉదాహరణ 6.4

క్రిందివ్వబడిన పటము నుండి బుధుడు, భూమి మరియు గురువుపై సూర్యుడు ఏర్పరచు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రాన్ని గుణాత్మకంగా గుర్తించండి.

దూరము పెరుగుట వలన గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము తగ్గును. కావున గురువు కనిష్ఠ గురుత్వ క్షేత్రాన్ని పొందుచున్నది. సూర్యునికి అతి దగ్గరగా ఉన్న బుధునిపై గురుత్వక్షేత్రము గరిష్ఠముగా ఉండును.

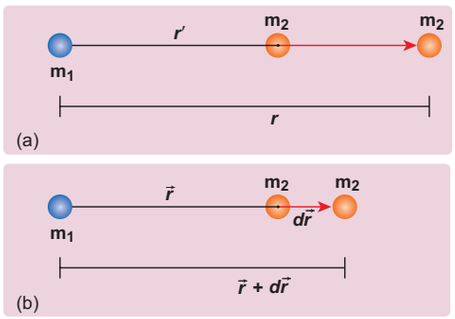


పటము: సౌరవ్యవస్థ

6.2.3 గురుత్వ స్థితిజ శక్తి (Gravitational Potential Energy)

స్థితిజ శక్తి ఉద్దేశమును మరియు దాని భౌతిక అర్థాన్ని అధ్యాయము 4 లో నేర్చుకొనియున్నాము. గురుత్వ బలము ఒక నిత్యత్వ బలము అగును. కావున గురుత్వ స్థితిజ శక్తి నిత్యత్వ బల క్షేత్రముతో సంబంధము కలిగియుండును.

m_1 మరియు m_2 అను రెండు ద్రవ్యరాశులు r' దూరముతో వేరుచేయబడియున్నవి. m_1 దాని స్థానములో స్థిరంగా ఉన్నట్లు m_2 పై r' దూరము నుండి r దూరమునకు కదులుటకు పని జరుగవలెను. (పటము 6.12 (అ) లో చూపబడినది)



పటము 6.12 రెండు ద్రవ్యరాశుల మధ్య రేఖీయ దూరములో మార్పులు

m_2 ద్రవ్యరాశిని కనిష్ఠ దూరము $d\vec{r}$ అది $\vec{r}$ నుండి $\vec{r}+d\vec{r}$ కు పటము (6.12) (ఆ) లో చూపినట్లు జరపడానికి బాహ్యము నుండి పని జరుగవలెను.

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

గురుత్వాకర్షణ బలానికి వ్యతిరేకంగా జరిగిన పని

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

సమీకరణము (6.22) ను (6.21) లో ప్రతిక్షేపించగా మనకు లభించునది

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

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 13 17-03-2023 14:56:21

అని మనకు తెలియును

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

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

$$\hat{r}.\hat{r} = 1 \left(\text{రెండు ప్రమాణ సదిశలు}\right)$$

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

కణము r' నుండి r కు స్థాన మార్పిడి చెందుటకు జరగబడిన మొత్తం బలము

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

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

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

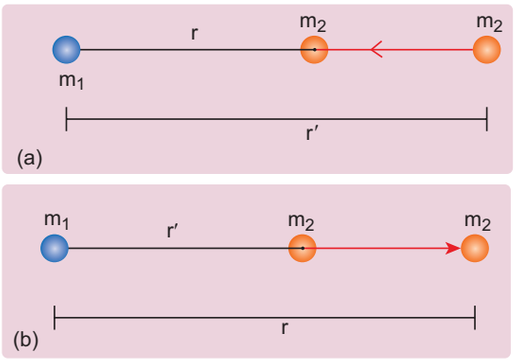
$$W = U\left(r\right) - U\left(r'\right)$$

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

ఇక్కడ పని W అనునది m_1 మరియు m_2 ద్రవ్యరాశులు వరుసగా r మరియు r' దూరములో ఉన్నప్పుడు ఆ వ్యవస్థ యొక్క గురుత్వ స్థితిజ శక్తుల యొక్క విభేదాన్ని చూపుచున్నది.

దశ 1: $r < r'$ అయిన

గురుత్వ బలము ఒక ఆకర్షణ బలమైన m_2 ద్రవ్యరాశి m_1 చే ఆకర్షించబడుచున్నది. కావున ఎలాంటి బాహ్య పని లేకుండా m_2 ద్రవ్యరాశి r' నుండి r కు కదులుచున్నది. పటము (6.13) లో చూపినట్లు ఇక్కడ వ్యవస్థ తన అంతర బలాన్ని ఉపయోగించుచున్నది. కావున చేయబడిన పని ఋణాత్మకతను సూచించున్నది.



పటము 6.13 వివిధ స్థితులలో గురుత్వ బలము వలన చేయబడిన పనిని లెక్కించుట

దశ 2: $r > r'$ అయిన

ద్రవ్యరాశిని r' నుండి r కు కదుల్చుటకు (పటము 6.13 (b)) గురుత్వాకర్షణకు వ్యతిరేకంగా పని జరగవలెను. కావున వ్యవస్థపై బాహ్య బలముచే పని జరుగును. కాబట్టి చేయబడిన పని ధనాత్మకము.

స్థితిజ శక్తి మాత్రమే భౌతిక వ్యత్యాసములను చూపునని గమనించవలెను. ఇప్పుడు గురుత్వ స్థితిజ శక్తిని వివరించుటకు ఒక ఆధార బిందువును ఎన్నుకొనవలెను.

$r' = \infty$ గా ఎన్నుకొనుము. దీని ప్రకారము సమీకరణము (6.28) లోని రెండవ పదము సున్న అగును.

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

r దూరములో ఉన్న ద్రవ్యరాశులు m_1 మరియు m_2 ల వ్యవస్థ యొక్క గురుత్వ స్థితిజ శక్తి అనునది m_1 ద్రవ్యరాశి స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు m_2 ద్రవ్యరాశిని r దూరము నుండి అనంత (infinity) దూరమునకు చేర్చుటకు జరిగిన పనికి సమానమని విశదీకరించవచ్చును. కావున గురుత్వ స్థితిజ శక్తి $U\left(r\right) = -\dfrac{Gm_1m_2}{r}$ గా గుర్తించబడినది. r దూరములో నున్న m_1 మరియు m_2 ద్రవ్యరాశులు గల వ్యవస్థ యొక్క గురుత్వ స్థితిజ శక్తి అనునది అనంత దూరము మరియు r దూరములో ఈ ద్రవ్యరాశుల వ్యవస్థ ఉన్నప్పుడు పొందిన గురుత్వ స్థితిజ శక్తుల

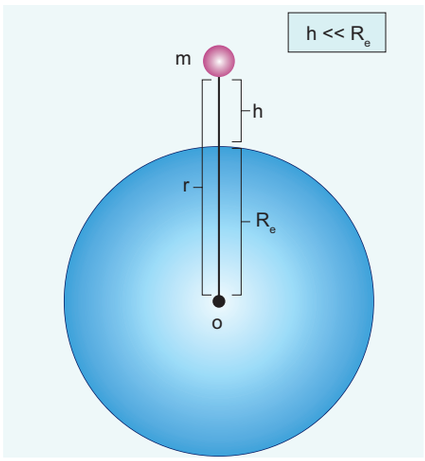
11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 14 17-03-2023 14:56:25

వ్యత్యాసానికి సమానమని విశదీకరించబడినది. కావున $U(r) = U(r) - U(\infty)$ కానీ, ఇక్కడ $U(\infty) = 0$ గా ఆధార బిందువును ఎన్నుకొని యున్నాము. గురుత్వ స్థితిజ శక్తి $U(r)$ ఎల్లప్పుడూ ఋణాత్మక విలువను పొందును. ఎందుకనగా అనంత దూరము నుండి ద్రవ్యరాశులు ఒకదానితోనొకటి దగ్గరగా వచ్చునపుడు వ్యవస్థచే పనిచేయబడుచున్నది.

గురుత్వ స్థితిజశక్తి $U(r)$ యొక్కప్రమాణము జౌల్ (Joule) మరియు ఇది అదిశ రాశి అగును. గురుత్వ స్థితిజ శక్తి అనునది రెండు ద్రవ్యరాశులు మరియు వాటి మధ్య దూరముపై ఆధారపడియుండును.

6.2.4 భూ ఉపరితలమునకు దగ్గరగా గురుత్వ స్థితిజ శక్తి (Gravitational potential energy near the surface of the Earth)

దీనిని గూర్చి అధ్యాయము 4 లో చదివియున్నాము. భూమి నుండి h ఎత్తుకు తీసుకెళ్ళబడిన ద్రవ్యరాశి m లో నిల్వచేయబడిన స్థితిజ శక్తి mgh అగును. (పటము 6.14) లో చూపినట్లు) ఈ సమీకరణాన్ని గురుత్వ స్థితిజశక్తి ద్వారా కూడా ఉత్పన్నం చేయవచ్చును.



పటము 6.14 భూమి యొక్క కేంద్రకము నుండి r దూరము వద్ద ద్రవ్యరాశి

భూమి నుండి r దూరములో నున్న ద్రవ్యరాశి m మరియు భూమిని కలిపి ఒక వ్యవస్థగా భావించిన ఈ వ్యవస్థ యొక్క గురుత్వ స్థితిజశక్తి,

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

ఇక్కడ $r = R_e + h$ ఇక్కడ R_e భూమి యొక్క వ్యాసార్ధము అగును. h అనునది భూ ఉపరితలముపై నున్న ఎత్తు

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

సమీకరణము (6.31) ను క్రింది విధముగా మార్చవచ్చును. $h << R_e$ అయిన

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

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

ఇక్కడ ద్విపద విస్తరణను ఉపయోగించి గరిష్ఠ విలువలను ఉపేక్షించిన మనకు లభించునది.

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

భూ ఉపరితలముపై ద్రవ్యరాశి m ఉన్నప్పుడు,

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

సమీకరణము (6.34) ను (6.33) లో ప్రతిక్షేపించగా మనకు లభించునది,

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

పై సమీకరణము నందలి మొదటి పదము (first term) ఎత్తు h పై ఆధారపడదు. ఉదాహరణకు h_1 ఎత్తు నుండి h_2 ఎత్తుకు వస్తువు తీసుకెళ్ళబడుచున్నదనుకొనుము.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 15 17-03-2023 14:56:27

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

h_2 ఎత్తులో గురుత్వ స్థితిజశక్తి

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

h_1 మరియు h_2 ల మధ్య గురుత్వ స్థితిజశక్తి భేదము

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

సమీకరణము (6.36) మరియు (6.37) లోని mgR_e పదము గురుత్వ స్థితిజశక్తి భేదమును కనుగొనుటలో ఎటువంటి మార్పును ఏర్పరచలేదు. కావున సమీకరణము (6.35) లో మొదటి పదమును ఉపేక్షించవచ్చును. లేక సున్నగా తీసుకొనవచ్చును. కావున భూ ఉపరితలం నుండి h ఎత్తులో నున్న ద్రవ్యరాశి m లో నున్న గురుత్వ స్థితిజశక్తి $U = mgh$ అగును. భూ ఉపరితలముపై $h = 0$ కావున $U = 0$,

ఇక్కడ గమనించదగ్గ విషయమేమనగా ద్రవ్యరాశి m ను భూ ఉపరితలము నుండి h ఎత్తుకు చేర్చుటకు జరిగిన పని mgh అగును. ఈ పని ద్రవ్యరాశి m లో గురుత్వ స్థితిజ శక్తిగా నిల్వ చేయబడియున్నది. నిజానికి mgh అనునది ద్రవ్యరాశి m మరియు భూమి యొక్క గురుత్వ స్థితిజశక్తి అగును. అయినప్పటికీ ఈ mgh ను ద్రవ్యరాశి m యొక్క గురుత్వ స్థితిజశక్తి గానే తీసుకొనుచున్నాము. ఎందుకనగా ద్రవ్యరాశి m, ఎత్తు h కు వెళ్ళునపుడు భూమి స్థిరముగానే ఉన్నది.

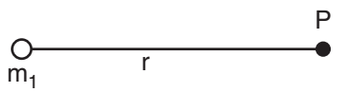
6.2.5 గురుత్వశక్మము (Gravitational potential V(r))

గురుత్వ క్షేత్రము $\vec{E}$ అనునది ఆ క్షేత్రమును ఏర్పరచు ద్రవ్యరాశి m పై మాత్రమే ఆధారపడియున్నది. ఇది ఒక సదిశ రాశి అగును. ఇదే విధముగా ద్రవ్యరాశి m పై మాత్రము ఆధారపడిన గురుత్వ "పొటెన్షియల్‌ను" అదిశ రాశిగా మనము నిర్వచించవచ్చును.

ఒక ద్రవ్యరాశి నుండి r దూరములో ఉన్న బిందువుపై గురుత్వ పొటెన్షియల్ అనునది ఏక ప్రమాణిక ద్రవ్యరాశిని దూరము నుండి అనంత దూరమునకు చేర్చుటకు జరిగిన పనియే అగును. ఇది V(r) గా సూచించబడుచున్నది. ఇంకనూ r దూరములో నున్న బిందువుపై గురుత్వ పొటెన్షియల్ అనునది ఆ బిందువు వద్ద ఏకాంక ప్రమాణ ద్రవ్యరాశి యొక్క గురుత్వ స్థితిజ శక్తికి సమానమని నిర్వచించవచ్చును. ఇది ఒక అదిశరాశి అగును. దీని ప్రమాణము $J\,kg^{-1}$ (లేదా) J/kg

గురుత్వ స్థితిజశక్తి నుండి గురుత్వ పొటెన్షియల్‌ను కనుగొనవచ్చును. $U(r)$ గురుత్వ స్థితిజ శక్తి కలిగిన m_1 మరియు m_2 అను రెండు ద్రవ్యరాశులు r దూరములో వేరు చేయబడినట్లుగా పరిగణించబడినది. (పటము 6.15 లో చూపినట్లు) ద్రవ్యరాశి m_2 ను ఏకాంక ప్రమాణ ద్రవ్యరాశి (m_2 = 1kg) గా తీసుకొని m_1 ద్రవ్యరాశి వలన ఏదేని బిందువు P వద్ద ఏర్పడు గురుత్వ పొటెన్షియల్ విలువను పొందవచ్చును. r దూరములో ద్రవ్యరాశి m_1 వలన ఏర్పడు గురుత్వ పొటెన్షియల్ $V(r)$

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

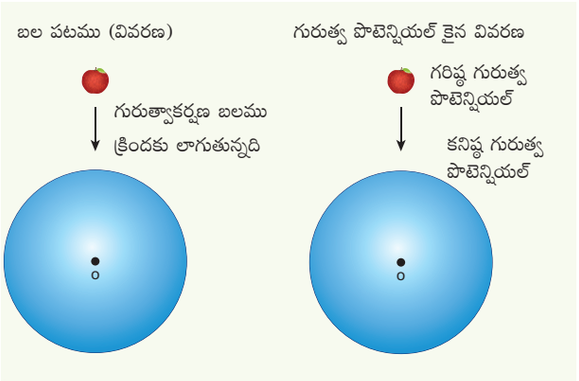


పటము 6.15 నిర్ణీత దూరము వద్ద ఉంచబడిన బిందు ద్రవ్యరాశి

గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము మరియు గురుత్వాకర్షణ బలములు రెండునూ సదిశా రాశులు (vector quantities) అగును. గురుత్వ పొటెన్షియల్ మరియు గురుత్వ స్థితిజశక్తి అనే రెండు అదిశ రాశులు ఉపయోగించి ఒక కణము యొక్క చలనాన్ని సులభముగా కనుగొనవచ్చును. క్రిందపడుచున్న ఆపిల్ పండును ఒక దానిని ఊహించుము.

ఒక ఆపిల్ పండు భూమ్యాకర్షణ శక్తి ప్రభావము వలన భూమిపై పడుటను పటము 6.16 ద్వారా చూపబడినది. ఇది గురుత్వ పొటెన్షియల్ $V(r)$ పద్ధతి ద్వారా క్రింది విధముగా వివరించబడినది.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 16 17-03-2023 14:56:29



పటము 6.16 గురుత్వ బలము వలన స్వేచ్ఛగా క్రిందికి పడు ఆపిల్ పండు

భూ ఉపరితలము నుండి r ఎత్తు వద్ద గురుత్వ పొటెన్షియల్ $V(r)$ ఇవ్వబడినది.

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

భూ ఉపరితలముపై గురుత్వ పొటెన్షియల్ $V(r)$ ఇవ్వబడినది.

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

పై సమీకరణము నుండి

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

భూ ఉపరితలము నుండి h ఎత్తులో గురుత్వ స్థితిజశక్తి mgh అని ముందు భాగములో నేర్చుకొనియున్నాము. ఈ బిందువు వద్ద గురుత్వ పొటెన్షియల్ $V(h)=U(h)/m = gh.$ ఎత్తు h సున్న అయిన భూ ఉపరితలముపై గురుత్వ పొటెన్షియల్ కూడా సున్న అగును. కావున ఆపిల్ పండు గరిష్ఠ గురుత్వ పొటెన్షియల్ నుండి కనిష్ఠ గురుత్వ పొటెన్షియల్‌కు చేరుచున్నది. సాధారణంగా ద్రవ్యరాశి గరిష్ఠ గురుత్వ పొటెన్షియల్ ప్రాంతము నుండి కనిష్ఠ గురుత్వ పొటెన్షియల్ ప్రాంతానికి చలించును.

ఉదాహరణ 6.5

జలధార కొండపై నుండి క్రిందికి ప్రవహించుచున్నది. ఎందుకు?

ఎందుకనగా భూ ఉపరితలము కన్నను కొండ పై భాగము గరిష్ఠ గురుత్వ పొటెన్షియల్ పొందియుండును. అనగా $V_{\text{కొండ}} > V_{\text{భూ ఉపరితలం}}$

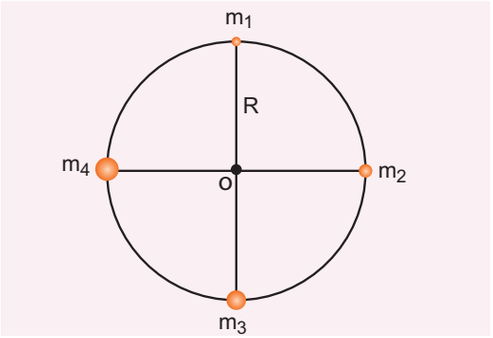


కొండపై నుండి నీళ్ళు పడుట

$\vec{F}$ లేదా $\vec{E}$ లాంటి సదిశ రాశుల కన్నా $U(r)$ లేదా $V(r)$ లాంటి అదిశ రాశులను ఉపయోగించి కణాల చలనాన్ని సులభముగా విశ్లేషించవచ్చును. ఆధునిక భౌతిక సిద్ధాంతములో గురుత్వ పొటెన్షియల్ ప్రముఖ పాత్ర వహించుచున్నది.

ఉదాహరణ 6.6

క్రింది పటములో చూపినట్లు నాలుగు ద్రవ్యరాశులు m_1, m_2, m_3 మరియు m_4 వృత్తపరిధిలో (వృత్తము చుట్టు) (circumference) అమర్చబడియున్నట్లు భావించుము.



11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 17 17-03-2023 14:56:32

అ) పటములో చూపిన 4 ద్రవ్యరాశులు గల వ్యవస్థ యొక్క గురుత్వ స్థితిజ శక్తి,

ఆ) 4 ద్రవ్యరాశుల వలన బిందువు 0 వద్ద గురుత్వ పొటెన్షియల్‌లను లెక్కించుము.

సాధన:

ప్రతి ఒక్క జంట కణ వ్యవస్థల గురుత్వ స్థితిజశక్తులు $U(r)$ కూడిక అనునది మొత్తం వ్యవస్థ యొక్క గురుత్వ స్థితిజశక్తిని ఇచ్చును.

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

ఇక్కడ r_{12}, r_{13} ..... అనునవి జంట కణాల మధ్య దూరము

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

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

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

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

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

అన్ని ద్రవ్యరాశులు సమానమైన

$m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = M$

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

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

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

'O' బిందువు వద్ద గురుత్వ పొటెన్షియల్ V(r) అనునది విడివిడి ద్రవ్యరాశుల వలన ఏర్పడే గురుత్వ పొటెన్షియల్ మొత్తము అగును. గురుత్వ పొటెన్షియల్ అదిశరాశి అయినప్పటికి '0' బిందువు వద్ద ఏర్పడే ఫలిత పొటెన్షియల్ విలువ ఒక్కొక్క ద్రవ్యరాశుల వలన ఏర్పడే గురుత్వ పొటెన్షియల్‌ల మొత్తానికి సమానము.

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

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

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

6.3 భూ గురుత్వ త్వరణము (ACCELERATION DUE TO GRAVITY OF THE EARTH)

ఒక వస్తువు భూమిపై పడినపుడు, ఆ వస్తువు త్వరణము భూమి వైపునకు ఉండును. న్యూటన్ రెండవ నియమం ప్రకారం బాహ్యబలము పనిచేసినపుడు మాత్రమే ఒక వస్తువు త్వరణము చెందునని మనకు తెలుసు. ఇచ్చట భూ గురుత్వాకర్షణ బలము వలన వస్తువులు త్వరణము చెందును. ఈ గురుత్వ బలము భూమికి దగ్గరగా వున్న అన్ని వస్తువులపై స్థిరత్వ త్వరణమును ఏర్పరచును. మరియు ఈ త్వరణము వస్తువుల ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడదు. భూ ఉపరితలమునకు దగ్గరగా వున్న m ద్రవ్యరాశిపై భూమి వలన ఏర్పడే గురుత్వ బలము

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

ఇప్పుడు న్యూటన్ రెండవ నియమముతో భూమ్యాకర్షణ బలాన్ని సమీకరించగా

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 18 17-03-2023 14:56:36

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

త్వరణము,

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

భూ ఉపరితలానికి దగ్గరగా నున్న వస్తువుకు భూ గురుత్వ క్షేత్రము వలన ఏర్పడే త్వరణాన్ని భూమ్యాకర్షణ త్వరణము అందురు. ఇది g అను సాంకేతికముతో సూచించబడుచున్నది. భూ గురుత్వ త్వరణము యొక్క పరిమాణము

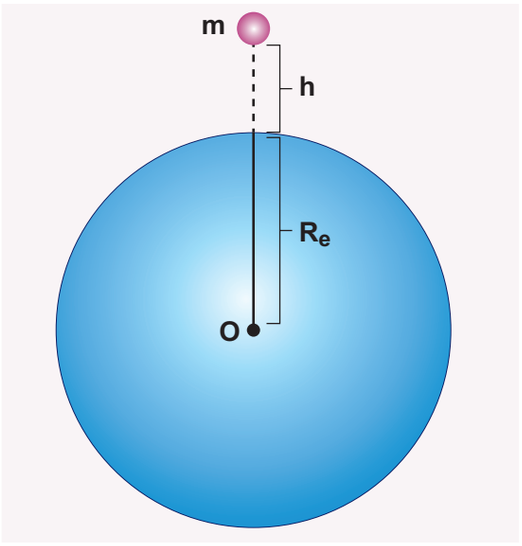
$$|g| = g = \frac{GM_e}{R_e^{\,2}} \ . \qquad (6.44)$$

పై సమీకరణము నుండి వస్తువు లో ఏర్పడు త్వరణము త్వరణించే వస్తువు ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడలేదని తెలియుచున్నది. g యొక్క విలువ భూ వ్యాసార్ధము మరియు భూ ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడియుండును. 400 సంవత్సరములకు పూర్వము గెలీలియో భూమివైపు పడు అన్ని వస్తువులు వివిధ ద్రవ్యరాశులు కలిగియున్నప్పటికీ ఒకే విధమైన త్వరణాన్ని కలిగియుండునని ప్రతిపాదించియున్నారు. భూ ఉపరితలానికి దగ్గరగా భూ మధ్య రేఖ వద్ద భూమ్యాకర్షణ త్వరణము g విలువ 9.8 $m\,s^{-2}$ గా గుర్తించబడినది.

6.3.1 ఎత్తు, లోతు మరియు అక్షాంశము ఆధారంగా g యొక్క మార్పు (Variation of g with altitude, depth and latitude)

భూ ఉపరితలము నుండి h ఎత్తులో m ద్రవ్యరాశి ఉన్నట్లు భావించుము. భూ గురుత్వ బలము వలన ఆ వస్తువు పొందు త్వరణము

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



పటము 6.17(అ) భూ కేంద్రము నుండి h ఎత్తులో గల ద్రవ్యరాశి

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

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

$h \ll R_e$ అయిన

ద్విపద సిద్ధాంతం (Binomial expansion) ను ఉపయోగించి మొదటి పదము వరకు తీసుకొనుము.

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

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

$g' < g$ అని కనుగొంటిమి అనగా ఎత్తు h పెరిగే కొలది గురుత్వ త్వరణము (g) తగ్గును అని తెలియుచున్నది.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 19 17-03-2023 14:56:38

ఉదాహరణ 6.7

1. క్రిందివ్వబడిన రెండు దశలలో g యొక్క విలువను కనుగొనుము:

(అ) ½ కి.గ్రా ద్రవ్యరాశి గల ఒక మామిడి పండు 15 మీ.ల ఎత్తు నుండి క్రిందికి పడునపుడు గురుత్వాకర్షణ వలన ఆ ద్రవ్యరాశి పొందు త్వరణము ఎంత?

సాధన

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

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

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

కానీ $1 - 0.00000469 \cong 1$

కావున $g' = g$

(ఆ) భూ ఉపరితలము నుండి 1600 కి.మీ దూరములో వృత్తాకార కక్ష్యలో ఒక ఉపగ్రహము పరిభ్రమించుచున్నట్లు భావించుము. భూ గురుత్వ బలము ఫలితంగా ఉపగ్రహము పొందు త్వరణము ఎంత?

సాధన

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

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

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

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

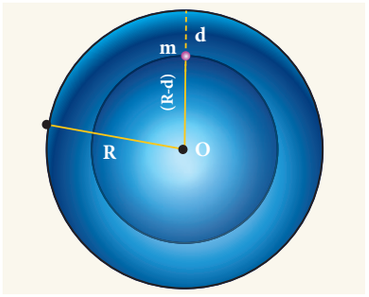
పై రెండు ఉదాహరణముల నుండి మనకు తెలియునది భూ ఉపరితలానికి దగ్గరగా త్వరణము స్థిరంగా ఉండును.

గమనిక

సమీకరణము 6.46 లో $h = R_e$ ను ప్రతిక్షేపించగలమా? ప్రతిక్షేపించలేము. సమీకరణము (6.46) కు ముందు $h << R_e$ అనునది మరియు $h = R_e$ అనుదానిని సమీకరణము 6.45 లో ప్రతిక్షేపించవలెను.

లోతును బట్టి g యొక్క మార్పు (Variation of g with depth):

m ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు భూసారంగంలో d లోతు వద్ద ఉన్నదని (ఉదాహరణకు: నైవేలి బొగ్గు గనులు) అనుకొనుము. d బిందువు వద్ద g లెక్కించుటకు క్రిందివ్వబడిన అంశములు.



పటము 6.17(ఆ) సారంగము d లోతులో ఉన్న ద్రవ్యరాశి

ద్రవ్యరాశి పొందు త్వరణములో భూమి యొక్క $(R_e - d)$ కు పై నున్న భూభాగము ఈ త్వరణములో పాల్గొనుట లేదు. ముందు భాగములో నిరూపించబడిన నిరూపణ ప్రకారము

d లోతులో గురుత్వ త్వరణము

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

$(R_e - d)$ ఉన్న భూభాగము యొక్క ద్రవ్యరాశి M' అగును.

భూసాంద్రత ρ స్థిరము, అనుకొనుము,

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

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 20 17-03-2023 14:56:41

ఇక్కడ M అనునది భూద్రవ్యరాశి మరియు V అనునది భూ ఘన పరిమాణమగును.

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

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

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

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

సమీకరణము (6.49) ను సమీకరణము (6.47) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

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

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

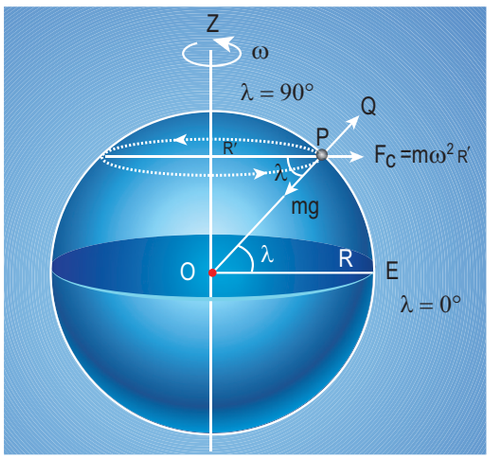
కావున

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

ఇక్కడ కూడా $g' < g$ అగును. లోతు పెరుగు కొలది g' తగ్గుచుండును. కావున భూ ఉపరితలముపై గురుత్వ త్వరణము గరిష్ఠంగా ఉండును. కానీ భూ ఉపరితలము నుండి పైకి లేక లోతుకు (క్రిందికి) వెళ్ళుకొలది గురుత్వ త్వరణము తగ్గుచుండును.

అక్షాంశమును బట్టి g యొక్క మార్పు
(Variation of g with latitude):

మనము భ్రమణ చట్రములలోని వస్తు చలనాన్ని (అధ్యాయము 3 లో వివరించబడినది) విశ్లేషించునపుడు అపకేంద్ర బలమును పరిగణలోనికి తీసుకొనవలెను. మనము భూమిని జడత్వ చట్రముగా తీసుకున్నప్పటికీ ఇది ఖచ్చితమైన నిర్ధారణ కాదు. ఎందుకనగా భూమి తన కక్ష్యలో తాను పరిభ్రమించుచున్నది. కావున భూ ఉపరితలముపై నున్న వస్తువు భూమిపై వస్తువున్న అక్షాంశముపై ఆధారపడి అపకేంద్ర బలాన్ని పొందుచున్నది. ఒక వేళ భూమి పరిభ్రమించకున్న ఆ వస్తువు mg అను బలమును కలిగియుండును. వస్తువు భూభ్రమణ ప్రభావము వలన అదనపు అపకేంద్ర బలాన్ని పొందుచున్నది.



పటము 6.18 అక్షాంశముతో g విలువలో మార్పు

ఇవ్వబడిన అపకేంద్ర బలము $m\omega^2 R'$.

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

ఇక్కడ λ అనునది అక్షాంశము. వస్తువుపై g కు వ్యతిరేక దిశలో పనిచేయబడు అపకేంద్ర త్వరణము యొక్క అంశము.

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

ఎందుకనగా $R' = R\cos\lambda$

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 21 17-03-2023 14:56:44

కావున,

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

భూమధ్య రేఖ నందు $\lambda = 0$ కావున $g' = g - \omega^2 R$ భూమధ్య రేఖ నందు గురుత్వ త్వరణము కనిష్ఠముగా ఉండును. ధృవ ప్రాంతాలలో $\lambda = 90^\circ$ కావున $g' = g$ గరిష్ఠంగా ఉండును. కావున ధృవ ప్రాంతం వద్ద గురుత్వ త్వరణం గరిష్ఠంగా ఉండును.

ఉదాహరణ 6.8

మీ పాఠశాలలోని పరిశోధనశాలలో g' విలువను కనుగొనుము?

సాధన

పాఠశాల ఉన్న గ్రామము లేక నగరము యొక్క అక్షాంశమును లెక్కింపుము. ఈ సమాచారము గూగుల్ (Google) లో లభించును. ఉదాహరణకు చెన్నై యొక్క అక్షాంశము సుమారుగ 13°.

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

ఇక్కడ $\omega^2 R = (2\text{x}3.14/86400)^2\,\text{x}\,(6400\text{x}10^3) = 3.4\text{x}10^{-2}$ మీ.సె$^{-2}$.

λ యొక్క విలువ రేడియన్ (Radian) లో ఉండవలయునే కానీ డిగ్రీ (degree) లో ఉండరాదన్న విషయాన్ని గుర్తుంచుకొనవలెను. ఇక్కడ 13° అనునది 0.2268 రేడియన్లకు సమానము.

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

$$g' = 9.7677 \text{ మీ.సె}^{-2}$$

ఆలోచించండి

ఒకవేళ నీవు అదే అక్షాంశ దిశలో తూర్పు నుండి పడమరకు వెళ్ళినపుడు g' విలువ మారునా?

6.4 పలాయన వేగము మరియు కక్ష్యా వేగము (ESCAPE SPEED AND ORBITAL SPEED)

ఈ విశ్వమంతయూ హైడ్రోజన్ మరియు హీలియం మూలకాలు విస్తరించి యున్నప్పటికీ భూ వాతావరణము గరిష్ఠంగా నైట్రోజన్ మరియు ఆక్సిజన్ మూలకాలచే విస్తరించియున్నది. భూ వాతావరణము ఎందుకు హీలియం మరియు హైడ్రోజన్ మూలకాలచే విస్తరించబడలేదు కారణం ఏమి? దీనిని గురించి ఈ భాగములో తెలుసుకుందాము. ఒక వస్తువు ప్రారంభ వేగముతో నిర్ణీత ఎత్తుకు విసిరినప్పుడు తిరిగి ఆ వస్తువు భూమిపై పడును. అదే వస్తువును గరిష్ఠ వేగముతో పైకి విసిరినప్పుడు ముందు చేరుకున్న ఎత్తుకన్నను అధికమైన ఎత్తుకు చేరి మరల భూమికి తిరిగి వచ్చుచున్నది. ఇక్కడ వస్తువును భూమ్యాకర్షణ శక్తిని అధిగమించి మరల భూమికి తిరిగి రాకుండా నిలువుగా విసురుటకు ఎంత గరిష్ఠ వేగము కావలయును అన్న ప్రశ్నకు దారితీస్తున్నది. ఈ వేగమును "పలాయన వేగము" అందురు మరియు "ఒక వస్తువు భూమ్యాకర్షణ శక్తి నుండి పలాయనము చెందుటకు కావలసిన కనిష్ఠ వేగము" అని నిర్వచింపవచ్చును.

M ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువు భూ ఉపరితలముపై ఉన్నట్లు అనుకొనుము. ప్రారంభ వేగము v_i తో పైవైపుకు విసిరిన ఆ వస్తువు యొక్క ప్రారంభ శక్తి

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

ఇక్కడ M_E అనునది భూ ద్రవ్యరాశి మరియు R_E అనునది భూ వ్యాసార్ధము మరియు $-\dfrac{GMM_E}{R_E}$ అనునది M ద్రవ్యరాశి యొక్క స్థితిజశక్తి.

ఆ వస్తువు భూమి నుండి అత్యంత దూరము చేరుకొనునపుడు అది అనంతము వైపు చేరుకొనునట్లు తీసుకొనవలెను. మరియు గురుత్వ స్థితిజ శక్తి $[U(\infty) = 0]$ అగును. ఇంకనూ గతిజశక్తి కూడా శూన్యం అగును. కావున వస్తువు యొక్క తుది పూర్తి

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 22 17-03-2023 14:56:48

శక్తి శూన్యం అగును. పలాయనం చెందుటకు కనిష్ఠ శక్తి మరియు కనిష్ఠ వేగం ఉండవలెను. అయితే గతిజ శక్తి శూన్యముగా ఉండజాలదు.

$$E_f = 0$$

శక్తి నిత్యత్వ నియమము ప్రకారం,

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

సమీకరణము (6.53) ను (6.54) లో ప్రతిక్షేపించగా,

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

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

భూమ్యాకర్షణ బలము నుండి తప్పించుకొనుటకు వస్తువుకు అవసరమగు కనిష్ఠ వేగము v_i ను పలాయన వేగము v_e గా తీసుకుందాము.

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

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

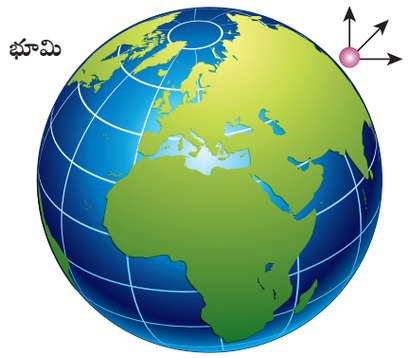
$$v_e^2 = \frac{2GM_E}{R_E}$$

$g = \frac{GM_E}{R_E^2}$ ను ఉపయోగించిన

$$v_e^2 = 2gR_E$$

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

సమీకరణము (6.56) నుండి పలాయన వేగము రెండు కారకాలపై ఆధారపడియున్నది. అది గురుత్వ త్వరణము మరియు భూ వ్యాసార్ధము. పలాయన వేగము వస్తు ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడలేదు. విలువలు ($9.8\ m\,s^{-2}$) మరియు $R_e = 6400$కి మీ॥ లను ప్రతిక్షేపించగా భూమి యొక్క పలాయన వేగము $v_e = 11.2$ కి.మీసె$^{-1}$ అగును. పలాయన వేగము వస్తువు విసరబడిన దిశపై ఆధారపడినది కాదు. వస్తువును నిటారుగానో, క్షితిజ సమాంతరంగానో లేక నిర్ణీత కోణంలోనో అదే ప్రారంభ వేగముతో విసిరినపుడు భూమ్యాకర్షణ శక్తి నుండి బయటకు వెళ్ళుటకు ఉపయోగపడు పలాయన వేగము మారదు. ఇది పటము 6.19 ద్వారా చూపబడినది.



పటము 6.19 పలాయన వేగము విసరబడే కోణముపై ఆధారపడదు

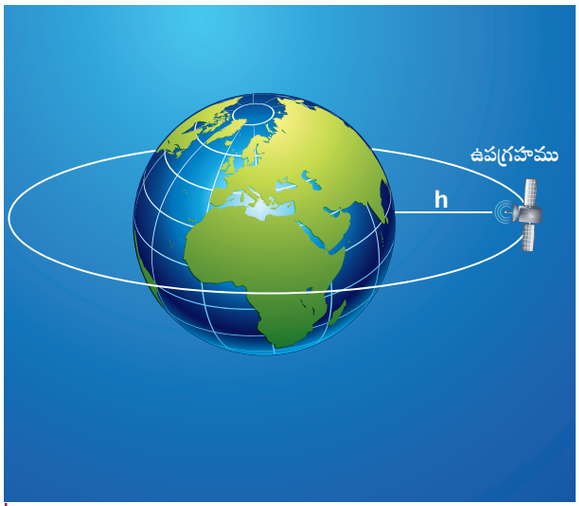
తేలికైన మూలకాలైన హైడ్రోజన్ మరియు హీలియం గరిష్ఠ పలాయన వేగాన్ని కలిగియున్నవి. వాటికి బదులుగా బరువైన మూలకాలైన ఆక్సిజన్ మరియు నైట్రోజన్‌లు భూమ్యాకర్షణ నుండి తప్పించుకో జాలదు. (హైడ్రోజన్ మరియు హీలియం అణువుల పలాయన వేగాన్ని భూ పలాయన వేగముతో పోల్చుటను అధ్యాయము 9, వాయు గతిశాస్త్రము నందు నేర్చుకొనెదము)

6.4.1 ఉపగ్రహాలు, కక్ష్యవేగము మరియు భ్రమణ కాలము (Satellites, orbital speed and time period)

మనము జీవించు ఈ నవీన కాలములో కావలసిన సాంకేతిక పరికరాలను ఉపయోగించి భూమిపై ఏ ప్రదేశముతోనైనను సంభాషించవచ్చును (పరస్పర సంబంధమును కలిగియుండవచ్చును) ఈ అభివృద్ధి సాధించుటకు కారణము మనము సౌర కుటుంబాన్ని క్షుణ్ణంగా అర్ధము చేసుకొనుటయే. పరస్పర సంబంధము భూమిని చుట్టివచ్చు ఉపగ్రహములపై ఆధారపడియున్నది (పటము 6.20) లో చూపినట్లు కృత్రిమ ఉపగ్రహాలు, సౌర కుటుంబములోని గ్రహాలు సూర్యుని చుట్టివచ్చునట్లు భూమిని చుట్టివచ్చుచున్నవి. కెప్లర్ నియమము కృత్రిమ ఉపగ్రహాలకు కూడా వర్తించును.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 23 17-03-2023 14:56:51

భూమి చుట్టూ M ద్రవ్యరాశి గల ఉపగ్రహము వృత్తాకార కక్ష్యలో పరిభ్రమించునపుడు ఆ ఉపగ్రహముపై అభికేంద్ర బలము పనిచేయుచుండును అభికేంద్ర బలము భూమ్యాకర్షణ బలముచే నిర్ధారించబడుచున్నది.



పటము 6.20 భూమిచుట్టూ భ్రమణము చెందు ఉపగ్రహము

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

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

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

ఎత్తు h పెరుగు కొలది ఉపగ్రహ వేగము తగ్గుచుండును.

ఉపగ్రహము యొక్క భ్రమణ కాలము (Time period of the satellite):

ఒక ఉపగ్రహము తన కక్ష్యలో ఒక భ్రమణాన్ని పూర్తిచేసిన అది $2\pi(R_E+h)$ కు సమానము మరియు ఇదియే ఆ ఉపగ్రహము యొక్క భ్రమణ కాలము T అగును.

$$\text{వేగము } v = \frac{\text{పయణించిన దూరము}}{\text{భ్రమణ కాలము}} = \frac{2\pi(R_E+h)}{T}$$

సమీకరణము (6.58) నుండి

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

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

సమీకరణము (6.60) ని ఇరువైపుల వర్గము చేయగా

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

ఇక్కడ $\frac{4\neq^2}{GM_E}$ = స్థిరాంకము c

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

పై సమీకరణము (6.61) కెప్లర్ గ్రహచలన సిద్ధాంతము ప్రకారం కాలము మరియు దూరము మధ్యగల సంబంధమే భూమి చుట్టి వచ్చు ఉపగ్రహము మధ్య కూడ ఉన్నదని తెలుపుచున్నది. భూమిని చుట్టు (పరిభ్రమించు) ఉపగ్రహమును భూ వ్యాసార్ధము R_E తో పోల్చునపుడు h ఎత్తు చాలా తక్కువ. కావున h ను ఉపేక్షించవచ్చును.

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

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

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

ఇక్కడ $\frac{GM_E}{R_E^2} = g$

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

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 24 17-03-2023 14:56:55

విలువలు $R_E = 6.4 \times 10^6$ మీ మరియు $g = 9.8$ మీ.సె$^{-2}$ లను ప్రతిక్షేపించగా కక్ష్యా భ్రమణ కాలము $T \cong 85$ నిమిషములు.

ఉదాహరణ 6.9

భూమి యొక్క ప్రకృతి ఉపగ్రహమైన చంద్రుడు భూమి చుట్టూ ఒక భ్రమణము పూర్తిచేయుటకు పట్టు కాలము 27 రోజులు. చంద్రుని భ్రమణాన్ని వృత్తాకార కక్ష్యగా భావించి భూ ఉపరితలము నుండి చంద్రునికి మధ్య గల దూరాన్ని లెక్కింపుము.

సాధన

కెప్లర్ మూడవ నియమాన్ని ఉపయోగించి,

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

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

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

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

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

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

ఇక్కడ h అనునది భూ ఉపరితలము నుండి చంద్రునికి మధ్య గల దూరము ఇక్కడ,

R_E – భూ వ్యాసార్ధము $= 6.4 \times 10^6$ మీ

M_E – భూ ద్రవ్యరాశి $= 6.02 \times 10^{24}$ కి.గ్రా

G – విశ్వ గురుత్వ స్థిరాంకము

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

పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా మనకు లభించు భూ ఉపరితలమునకు చంద్రునికి మధ్య దూరము 3.77×10^5 కి.మీ

6.4.2 భూమి చుట్టూ పరిభ్రమణం చేసే ఉపగ్రహము యొక్క శక్తి (Energy of an Orbiting Satellite)

భూ ఉపరితలము నుండి h ఎత్తులో నున్న భూమిని పరిభ్రమించే ఉపగ్రహము యొక్క మొత్తం శక్తి క్రింది విధముగా లెక్కింపబడును. ఉపగ్రహము యొక్క మొత్తం శక్తి అనునది గతిజశక్తి మరియు గురుత్వ స్థితిజ శక్తుల మొత్తము అగును. ఉపగ్రహము యొక్క స్థితిజశక్తి,

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

ఇక్కడ M_s ఉపగ్రహ ద్రవ్యరాశి M_E భూ ద్రవ్యరాశి R_E భూ వ్యాసార్ధము.

ఉపగ్రహము యొక్క గతిజశక్తి

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

ఇక్కడ v అనునది ఉపగ్రహ భ్రమణ వేగము మరియు ఇది

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

v యొక్క విలువను సమీకరణము (6.64) లో ప్రతిక్షేపించగా,
ఉపగ్రహము యొక్క గతిజశక్తి,

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

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 25 17-03-2023 14:56:59

కావున ఉపగ్రహము యొక్క మొత్త శక్తి

$$E=\frac{1}{2}\frac{GM_EM_s}{(R_E+h)}-\frac{GM_sM_E}{(R_E+h)}$$

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

ఇక్కడ ఋణాత్మక (–) చిహ్నము మొత్తం శక్తి విలువ ఉపగ్రహానికి భూమికి మధ్య సంబంధాన్ని అనగా భూ క్షేత్రము నుండి దూరంగా వెళ్ళలేని స్థితిని సూచించుచున్నది.

ఎత్తు h అనునది అనంత విలువ అయినపుడు మొత్తం శక్తి శూన్యమగును. దీని భౌతిక అర్థము ఏమిటంటే ఈ ఉపగ్రహము పూర్తిగా భూమ్యాకర్షణ శక్తి ప్రభావమునకు లోబడకుండా ఉండుటయే మరియు అధిక దూరాల వద్ద భూమికి ఉపగ్రహంతో సంబంధం ఉండదు.

ఉదాహరణ 6.10

(i) చంద్రుడు భూమి చుట్టూ పరిభ్రమించునపుడు (ii) భూమి సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమించునపుడు శక్తులను లెక్కించుము.

సాధన

చంద్రుని యొక్క కక్ష్య వృత్తాకారంగా ఉన్నట్లు భావించుము, ఇవ్వబడిన చంద్రుని శక్తి

$$E_m=-\frac{GM_EM_m}{2R_m}$$

ఇక్కడ M_E భూ ద్రవ్యరాశి 6.02×10^{24} కి.గ్రా M_m– చంద్రుని ద్రవ్యరాశి 7.35×10^{22} కి.గ్రా మరియు R_m– భూ కేంద్రము నుండి చంద్రునికి మధ్య గల దూరము 3.84×10^{5} కి.మీ.

$$G=6.67\times10^{-11}\text{N m}^2\text{kg}^{-2}.$$

$$E_m=-\frac{6.67\times10^{-11}\times6.02\times10^{24}\times7.35\times10^{22}}{2\times3.84\times10^{5}\times10^{3}}$$

$$E_m=-38.42\times10^{-19}\times10^{46}$$

$$E_m=-38.42\times10^{27}\ \text{జౌల్}$$

వ్యతిరేక గుర్తు (–) చంద్రునికి భూమితో ఇమిడియున్న సంబంధాన్ని సూచించుచున్నది.

భూమి యొక్క శక్తి విలువ కూడా వ్యతిరేకము (–) గా ఉండునని పై పద్ధతి నిరూపించుచున్నది.

6.4.3 భూస్థిర ఉపగ్రహములు మరియు ధృవ ఉపగ్రహములు (Geo-stationary and polar satellite)

భూమి చుట్టూ పరిభ్రమించు ఉపగ్రహముల ఆవర్తన కాలము కక్ష్యా వ్యాసార్ధానికి తగినట్లు అమరియుండును. 24 గంటలు భ్రమణ కాలము గల ఉపగ్రహము యొక్క కక్ష్యా వ్యాసార్ధాన్ని లెక్కించెదమా?

కక్ష్యా వ్యాసార్ధమును కనుగొనుటకు కెప్లర్ మూడవ నియమము ఉపయోగపడుచున్నది.

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

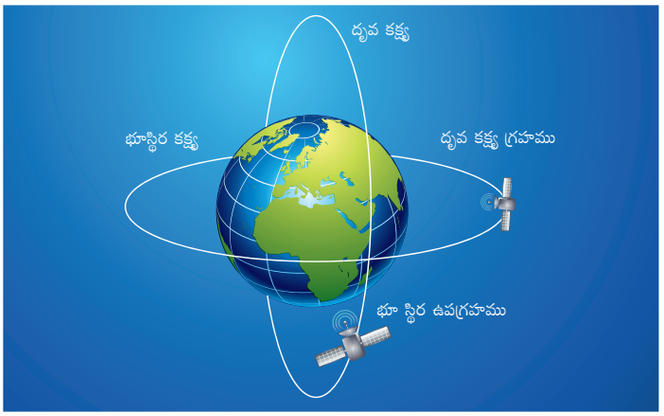
$$(R_E+h)^3=\frac{GM_ET^2}{4\pi^2}$$

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

భ్రమణ కాలము T = 24 గంటలు = 86400 సెకన్లు, భూవ్యాసార్ధము మరియు ద్రవ్యరాశి విలువలను ప్రతిక్షేపించి లెక్కించగా ఎత్తు h = 36000 కి.మీ అని తెలియుచున్నది. ఈ రకమైన ఉపగ్రహాలను భూస్థిర ఉపగ్రహాలు అందురు. ఎందుకనగా ఇవి భూమి నుండి చూసినపుడు స్థిరత్వంగా ఉన్నట్లు కనిపిస్తున్నది.

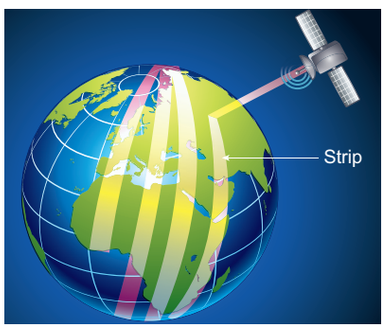
భారతదేశము సమాచార సంబంధాలకు ఉపయోగించు INSAT రక ఉపగ్రహాలు ప్రాథమికంగా భూస్థిర ఉపగ్రహాలే అగును. మరొక రకమైన ఉపగ్రహము భూ ఉపరితలము నుండి

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 26 17-03-2023 14:57:03



పటము 6.21 ధృవ కక్ష్య మరియు భూస్థిర ఉపగ్రహాలు

500 నుండి 800 కి.మీ దూరములో ఉంచబడి భూమి యొక్క ఉత్తర ధృవము మరియు దక్షిణ ధృవము పై దిశగా పరిభ్రమించు చుండును. భూమి చుట్టూ ఉత్తరము నుండి దక్షిణ ధృవములో పరిభ్రమించు ఈ రకమైన ఉపగ్రహాలను ధృవ ఉపగ్రహాలు (polar satellite) అందురు. ధృవ ఉపగ్రహాల యొక్క భ్రమణ కాలము దాదాపు 100 నిమిషాలు అగును. కావున ఒక రోజులో ఇది పలుమార్లు భూమి చుట్టు భ్రమణం చెందును. ధృవ ఉపగ్రహాలు ఉత్తర ధృవము నుండి దక్షిణ ధృవమునకు భ్రమణం చెందినపుడు అతి తక్కువ భూ భాగాన్ని (a small strip of area) మాత్రమే దాటి వెళ్ళుచున్నది. తరువాత భ్రమణ సమయంలో మరొక భూభాగమును దాటి వెళ్ళుచున్నది. ఎందుకనగా మొదటి భ్రమణ కాల పరిమాణంలో భూమి ఒక కనిష్ఠ కోణము (small angle) తో తన చుట్టూ తాను పరిభ్రమించుచుండును. ఇదే విధముగా మరలా మరలా ఏర్పడు భ్రమణాల ద్వారా ధృవ ఉపగ్రహాలు పూర్తి భూభాగాన్ని దాటుచున్నది.



పటము 6.22 ధృవ ఉపగ్రహం గణించిన ప్రసార ఖండ ప్రాంతము



6.4.4 బరువులేని స్థితి (Weightlessness)

వస్తువు యొక్క బరువు (Weight of an object)

భూమిపై నున్న ప్రతి ఒక్క వస్తువు భూగురుత్వబలంకు లోబడుచున్నది. వస్తు ద్రవ్యరాశి m పై పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలము mg అగును. ఈ బలము ఎల్లప్పుడు భూకేంద్రక దిశలో క్రింది వైపుకు పనిచేయును. మనము నేలపై నిలబడియున్నప్పుడు మనపై రెండు బలాలు పనిచేయుచుండును. అందులో ఒకటి క్రింది వైపుకు పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలము మరియు రెండవది మానవులను విశ్రాంతిలో ఉంచుటకు నేలపై నుండి నిలువుగా పై వైపునకు పనిచేయు అభిలంబ బలము. ఒక వస్తువు యొక్క బరువు $\vec{W}$ అనునది క్రింది వైపుకు పనిచేయు బలము అగును. ఈ బల పరిమాణము ఆ వస్తువును నేలపై విరామస్థితిలో లేక స్థిర వేగములోనో ఉంచుటకు అవసరమగు పై వైపుకు పనిచేయు బలమునకు సమానము. బరువు యొక్క దిశ గురుత్వాకర్షణ బల దిశ వైపు ఉండును. కావున వస్తువు బరువు యొక్క పరిమాణము $W=N=mg$ గా నిర్వచించబడినది. బరువు యొక్క పరిమాణము

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 27 17-03-2023 14:57:04

mg కు సమానమైనప్పటికీ వస్తువుపై పనిచేయు గురుత్వ బలానికి సమానము కాదన్న విషయాన్ని గుర్తుంచుకొనవలెను.

ఎలివేటర్స్‌లలో దృశ్య భారము
(Apparent weight in elevators)

ఎలివేటరు కదులునపుడు మరియు ఆగునపుడు అందులోని వ్యక్తులు కుదుపుట (jerk) అను అనుభూతిని పొందుచున్నారు. అది ఎందుకు జరుగుచున్నది? ఈ సంఘటనను వివరించుటకు బరువు యొక్క ఉద్దేశమును అర్థము చేసుకొనవలెను. క్రిందివ్వబడిన సందర్భాలలో ఒక వ్యక్తి ఎలివేటర్‌లో ఉన్నట్లు భావించుము.

ఎలివేటర్‌లో ఉన్న వ్యక్తిపై రెండు బలాలు పనిచేయుచుండును.

1. క్రింది దిశకు పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలం నిలువు దిశను y అక్షము గుండా తీసుకొనిన ఆ వ్యక్తిపై పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలము $\vec{F}_G = -mg\hat{j}$
2. ఎలివేటర్ తలము నుండి వ్యక్తిపై నిటారుగా పనిచేయు అభిలంబ బలము, $\vec{N} = N\hat{j}$

దశ (i) ఎలివేటర్ విరామస్థితి లో ఉన్నప్పుడు

వ్యక్తి యొక్క త్వరణము సున్న అగును. కావున వ్యక్తిపై పనిచేయు ఫలిత బలము శూన్యమగును. న్యూటన్ రెండవ నియమము ప్రకారము,

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

సదిశా అంశములను పోల్చగా మనకు లభించునది

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

కావున బరువు W = N అగుట వలన వ్యక్తి యొక్క దృశ్య భారము ఆ వ్యక్తి యొక్క నిజ బరువుకు సమానము.

దశ (ii) ఎలివేటర్ పైకి లేక క్రిందికి ఏకరీతిగా చలనములో ఉన్నప్పుడు

ఏకరీతి చలనములో (స్థిరగమన వేగము) వ్యక్తిపై పనిచేయు ఫలిత బలము శూన్యంగా ఉండును. ఈ దశలో వ్యక్తి యొక్క దృశ్య భారము అతని శరీర బరువుకు సమానముగా ఉండును. ఇది పటము 6.23 (అ) ద్వారా చూపబడినది.

దశ (iii) ఎలివేటర్‌పై వైపుకు త్వరణం చెందినపుడు

ఎలివేటర్ పైకి త్వరణముతో కదులునపుడు ($\vec{a} = a\hat{j}$) నేల ఆధారంగా (జడత్వ సూచన చట్రం) న్యూటన్ రెండవ నియమం ప్రకారం,

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

పై సమీకరణమును అభిలంబ దిశ యొక్క ఏకాంక (ప్రమాణ) సదిశలనుపయోగించి వ్రాయగా,

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

సదిశ అంశాలను పోల్చగా,

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

కావున వ్యక్తి యొక్క దృశ్య భారము అతని శరీర బరువు కన్ననూ అధికముగా ఉండును. ఇది పటము 6.23 (ఆ) ద్వారా చూపబడినది.

దశ (iv) ఎలివేటర్ క్రింది వైపుకు త్వరణం చెందినపుడు

ఎలివేటర్ క్రింది వైపుకు త్వరణం చెందినపుడు ($\vec{a} = -a\hat{j}$) న్యూటన్ రెండవ నియమాన్ని ఉపయోగించి

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

పై సమీకరణమును అభిలంబ దిశ యొక్క ఏకాంక ప్రమాణ సదిశలనుపయోగించి వ్రాయగా,

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

అంశములను పోల్చగా,

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

కావున దృశ్య భారము W = N = m(g-a) వ్యక్తి యొక్క శరీర బరువు కన్ననూ తక్కువగా ఉండును. ఇది పటము 6.23 (ఇ) ద్వారా చూపబడినది.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 28 17-03-2023 14:57:06

స్వేచ్ఛగా క్రిందపడు వస్తువుల బరువులేని స్థితి (Weightlessness of freely falling bodies)

స్వేచ్ఛగా క్రిందపడు వస్తువులు గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని మాత్రమే పొందుచున్నవి. స్వేచ్ఛగా క్రిందపడుట వలన వస్తువులు ఎలాంటి తలముతోను సంబంధము కలిగి యుండుట లేదు (వాయు సంఘర్షణ ఉపేక్షించబడుచున్నది) కావున వస్తువుపై పనిచేయు అభిలంబ బలము శూన్యం అగును. వస్తువుపై క్రింది వైపుకు పనిచేయు త్వరణము భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ త్వరణానికి సమానము i.e (a = g) సమీకరణము (6.69) నుండి.

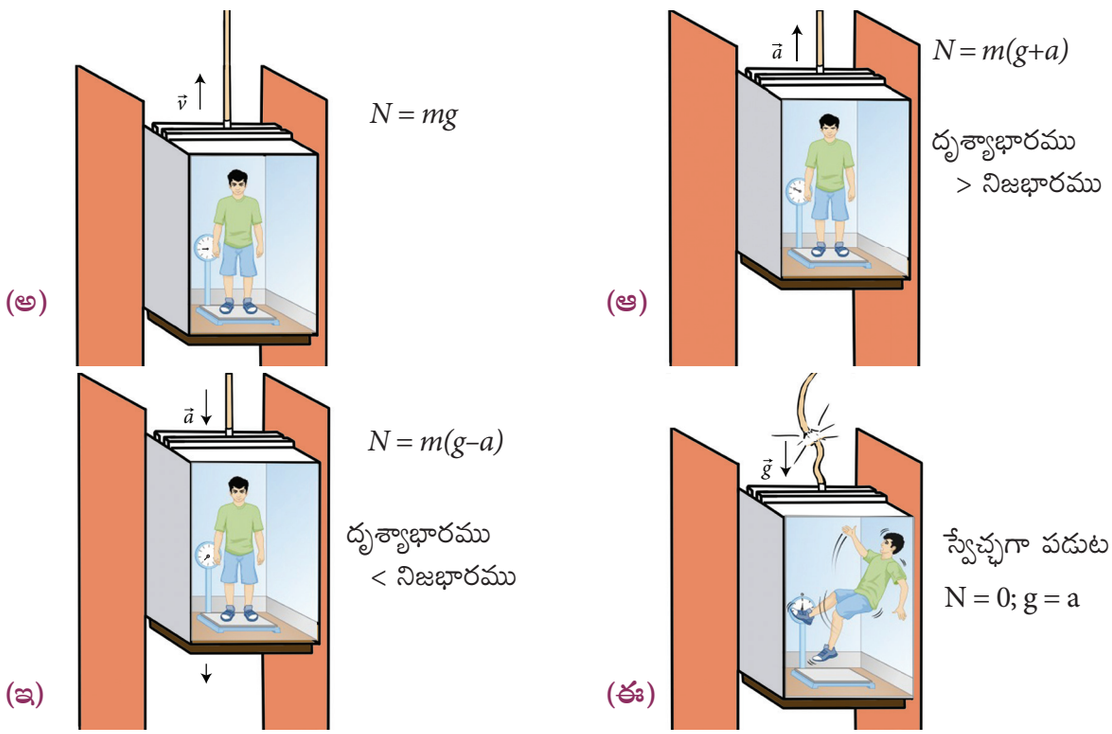
$$a = g \quad \therefore N = m\,(g - g) = 0.$$

ఇది బరువు లేని స్థితిగా చెప్పబడుచున్నది. లిఫ్ట్ క్రింది వైపు త్వరణముతో (a=g) పడిపోయినపుడు (లిఫ్ట్ తీగ తెగిపోయినపుడు) లిఫ్ట్‌లో ఉన్న వ్యక్తి బరువులేని స్థితిలోను లేక స్వేచ్ఛగా క్రిందికి పడిపోవు స్థితిని అనుభూతి చెందుతాడు. ఇది పటము 6.23 లో చూపబడినది.

చెట్టు నుండి ఆపిల్ క్రిందకు పడునపుడు అది బరువులేని స్థితిలో ఉండినది. కాని న్యూటన్ తలపై పడిన వెంటనే ఆ పండు బరువును సంతరించుకొనెను మరియు న్యూటన్‌లో భౌతిక పరిశోధన ప్రారంభమయ్యెను.

ఉపగ్రహములలో బరువులేని స్థితి *(Weightlessness in satellites)*:

భూమి చుట్టూ పరిభ్రమించు ఉపగ్రహములోనున్న వ్యోమగాములపై ఎలాంటి గురుత్వాకర్షణ బలము పనిచేయదు అనునది అసత్య భావన మాత్రమే. నిజానికి భూ అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లోబడి సంచరించు ఉపగ్రహాలపై గురుత్వాకర్షణ బలము పనిచేయుచున్నది. ఈ ఆకర్షణ బలము ఉపగ్రహములలో ఉన్న వ్యోమగాములు కూడా అనుభవిస్తారు. ఈ కారణముగానే వ్యోమగాములు ఉపగ్రహతలముపై ఎలాంటి బలాన్ని ప్రయోగించుట లేదు. అదే విధముగా వ్యోమగాములపై ఉపగ్రహతలము ఎటువంటి అభిలంబ బలాన్ని ప్రయోగించుట లేదు. కావున ఉపగ్రహములోని వ్యోమగాములు బరువులేని స్థితిని చేరుకొనుచున్నారు. వ్యోమగాములు మాత్రమే కాకుండా ఉపగ్రహములోని అన్ని వస్తువులు బరువులేని స్థితిని చేరుకొనుచున్నవి. ఈ స్థితిని స్వేచ్ఛగా క్రిందపడు స్థితితో పోల్చవచ్చును. ఇది పటము 6.24 ద్వారా చూపబడినది.



పటము 6.23 లిఫ్ట్‌లో దృశ్యాభారము

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 29 17-03-2023 14:57:08



పటము 6.24 బరువులేని స్థితిలో ప్రసిద్ధి చెందిన శాస్త్రవేత్త స్టీఫెన్ హాకింగ్

6.5 ఖగోళ శాస్త్రమును గూర్చిన ప్రాథమిక అభిప్రాయములు (ELEMENTARY IDEAS OF ASTRONOMY)

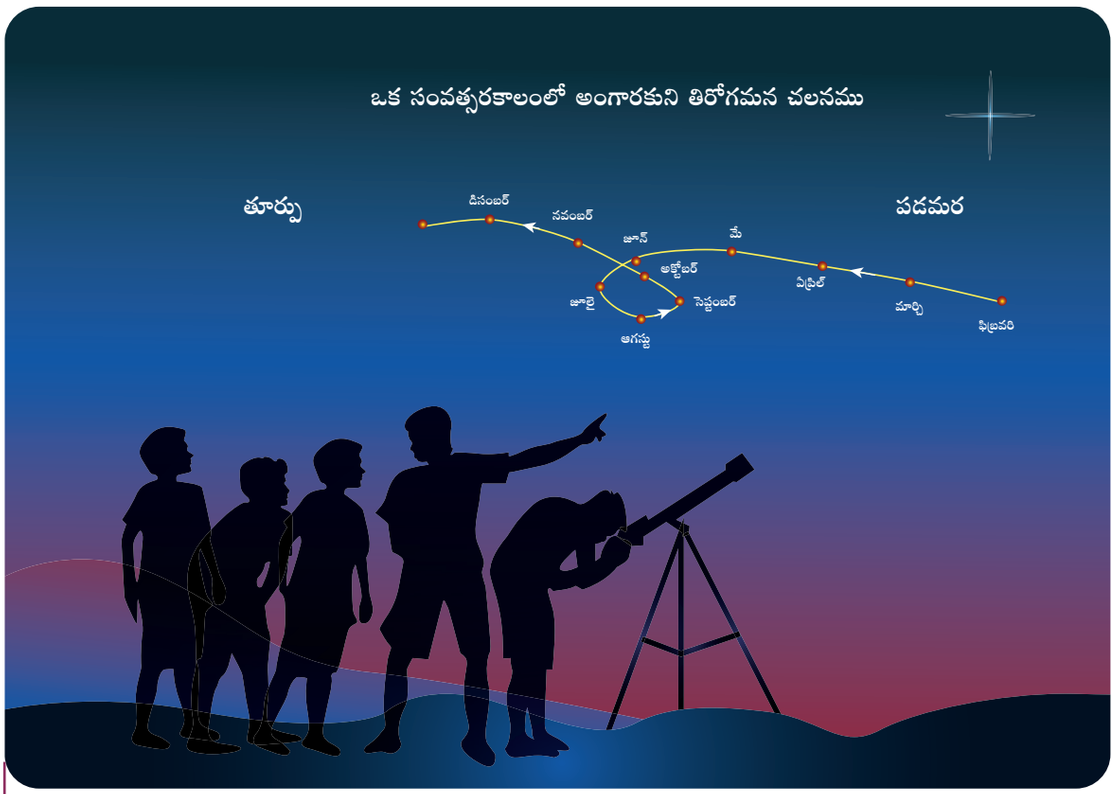
మానవ చరిత్రలో ఉద్భవించిన ప్రాచీన విజ్ఞాన విభాగము ఖగోళ శాస్త్రమే అగును. ప్రాచీన కాలములో భౌతిక శాస్త్రము నుండి విడదీయలేని విభాగముగా ఖగోళ శాస్త్రము ఉండినది. 16 వ శతాబ్దము వరకు భౌతిక శాస్త్రములో ఖగోళ శాస్త్ర ప్రాముఖ్యత అధికముగా ఉండెను. "హిప్పార్కస్, అరిస్టార్కస్, టాలమీ, కోపర్నికస్ మరియు టైకోబ్రాహె" మొదలైన వారి నుండి అనేక శతాబ్దాల తరబడి దత్తాంశములను సేకరించిన ఖగోళ పరిశీలనలను ఆధారంగా కెప్లెర్ నియమాలు మరియు న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతములు ఏర్పడినవి. "టైకోబ్రాహె" యొక్క ఖగోళ శాస్త్ర పరిశీలనలు లేకుంటే కెప్లెర్ నియమాలు ఏర్పడి ఉండవు. కెప్లెర్ నియమాలు లేకుంటే న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ నియమాలు ఏర్పడి ఉండవు. అధ్యాయం ప్రారంభములో చెపినట్లు "టాలమీ" యొక్క భూ కేంద్రక సిద్ధాంతమును కోపర్నికస్ యొక్క సూర్య కేంద్రక సిద్ధాంతము భర్తీ చేసినది. సూర్య కేంద్రక పద్ధతి మరియు భూకేంద్రక పద్ధతిని గూర్చిన వివరణ మరియు విశ్లేషణ ప్రాముఖ్యత కలిగినది.

6.5.1 భూకేంద్రక వ్యవస్థపై సూర్యకేంద్రక వ్యవస్థ (Heliocentric system over geocentric system)

తరచూ కొన్ని నెలల కాలము పాటు ఎలాంటి ఉపకరణములు లేకుండా రాత్రి ఆకాశమందు గ్రహముల చలనాన్ని క్షుణ్ణంగా పరిశీలించినపుడు గ్రహములు తూర్పుకు పయనించి తరువాత వ్యతిరేక దిశ అయిన పడమరకు పయనించి మరలా తూర్పుకు పయనించుటను గమనించవచ్చును. దీనికి "గ్రహతిరోగమన చలనము" "retrograde motion" అని పేరు.

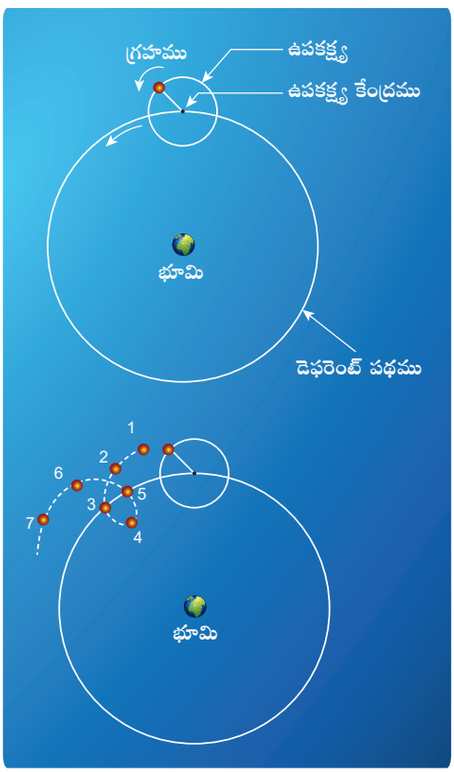
పటము 6.25 లో అంగారకుని యొక్క "తిరోగమన చలనము" చూపబడినది. ఒక సంవత్సరము కాలము పాటు మనము క్షుణ్ణంగా పరిశీలించిన అంగారకుడు మొదట తూర్పుకు పయనించుట గమనించవచ్చు (February to June), తరువాత తిరోగమన మార్గములో వెనుకకు చలించును (July, August, September), తరువాత దాని చలన దిశను మరొకసారి మార్చుకొని ముందుకు పయనించును (అక్టోబరు నుండి) ప్రాచీన కాలములో

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 30 17-03-2023 14:57:08



పటము 6.25 తిరోగమన చలనము తూర్పు పడమర

ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలు కంటితో చూడదగిన గ్రహాల తిరోగమన చలనాన్ని పొందుపరిచి వాటి చలనాన్ని వివరించుటకు ప్రయత్నించిరి. "అరిస్టాటిల్" భావన ప్రకారం సూర్యుడు మరియు ఇతర గ్రహాలు భూమి చుట్టూ వృత్తాకార కక్ష్యలో పరిభ్రమించుచున్నదని తెలిపెను. ఈ విధముగా వృత్తాకార కక్ష్యలో గ్రహాలు పయనిస్తే తక్కువ కాలములో గ్రహాలు ఎందుకు తిరోగమనం చెందుతాయి? అని వివరించుటకు వీలుకాలేదు. ఈ తిరోగమన చలనాన్ని వివరించుటకై టాలమీ (Ptolemy) తన భూకేంద్రక ప్రతిపాదన యందు ఉపకక్ష్య ("epicycle") అను భావనను తెలియజేసెను. ఈ ప్రతిపాదన ప్రకారము గ్రహము ఒక కక్ష్యలో పరిభ్రమించునపుడు మరొక కక్ష్య (ఉప కక్ష్య) మరొక చలనానికి లోబడుచున్నది. భూమి చుట్టూ సంభవించు ఉపకక్ష్య మరియు వృత్తాకార చలనముల కలయిక గ్రహాలలో తిరోగమన చలనానికి దోహదపడుచున్నదని టాలమీ తెలిపెను. ఇది పటము (6.26) ద్వారా చూపబడినది. టాలమీ అరిస్టాటిల్ యొక్క భూకేంద్రక సిద్ధాంతమునకు ఉపకక్ష్యా చలనాన్ని జతచేశారు.



పటము 6.26 భూమి చుట్టూ గ్రహాల యొక్క ఉపకక్ష్య చలనాన్ని నెలల తరబడి పరిశీలించడం

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 31 17-03-2023 14:57:08

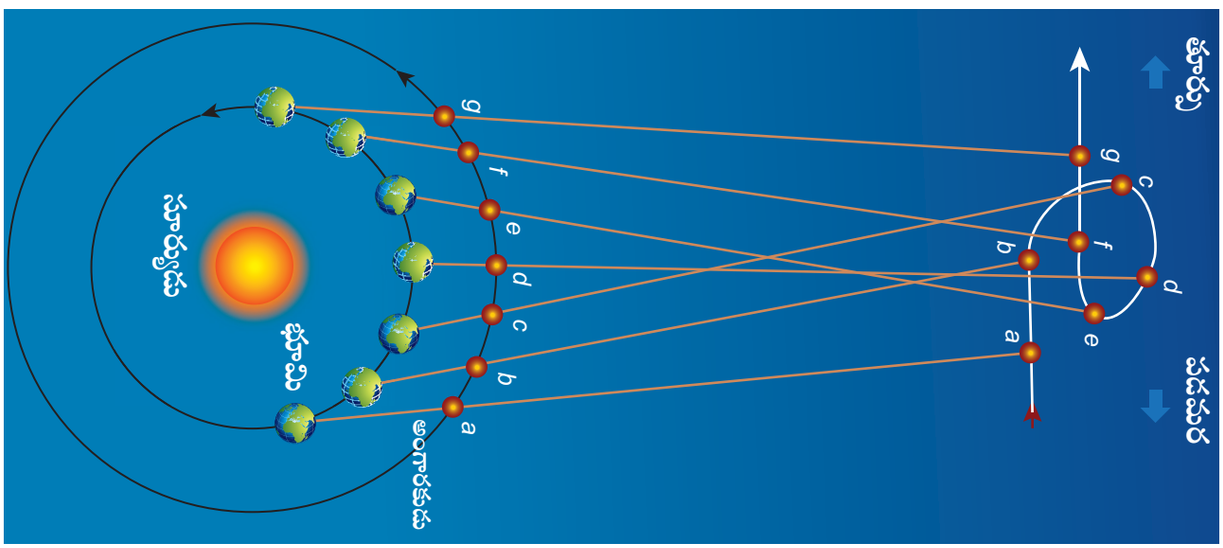
కాని టాలమీ యొక్క ఉపకక్ష్య ప్రతిపాదన అత్యంత కఠినముగ ఉండెను. 15 వ శతాబ్దములో పోలెండ్ ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞుడైన కోపర్నికస్ (Copernicus) ఈ సమస్యను పరిష్కరించుటకు సూర్యకేంద్రక సిద్ధాంతమును ముందుంచెను. ఈ ప్రతిపాదన ప్రకారము సూర్యుని కేంద్రముగా చేసుకొన్న సౌరకుటుంబములోని అన్ని గ్రహములు సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమించుచున్నవని తెలిపెను. భూమికి సంబంధించినంత వరకు గ్రహాల తిరోగమన చలనానికి వాటి సాపేక్ష చలనము ఒక కారణమగును. సూర్య కేంద్రక చలనము ఆధారంగా గ్రహాల తిరోగమన చలనము పటము 6.27 ద్వారా చూపబడినది.

పటము 6.27 అంగారకుని కన్ననూ వేగముగా భూమి సూర్యుని చుట్టి వచ్చుచున్నది. భూమికి అంగారకునికి మధ్య గల సాపేక్ష చలనము కారణముగా జూలై నుండి అక్టోబరు వరకు అంగారకుడు వెనుకకు పయనించునట్లు కనబడును. అదే విధముగా కోపర్నికస్ సిద్ధాంతము ప్రకారము మిగిలిన గ్రహాల యొక్క తిరోగమన చలనము విజయవంతముగా వివరించబడినది. సూర్యకేంద్రక సిద్ధాంతము సులభతరమగుట వలన ఇది భూకేంద్రక సిద్ధాంత స్థానమును భర్తీ చేసెను. చారిత్రాత్మకంగా ప్రాకృతిక సంఘటనలకు ఒకటి కన్నా అధికమైన వివరణలు ఇచ్చునపుడు సాధారణంగా సులభ పద్ధతియో లేక వివరణయో పరిగణనలోనికి తీసుకొనబడుచున్నది. పై భావన కాకుండా 'టాలమీ' సిద్ధాంతమునకు బదులుగా కోపర్నికస్ సిద్ధాంతము ఆమోదించబడడానికి గల కారణాన్ని విశదముగా ఖగోళ శాస్త్ర పుస్తకములో చూడవచ్చును.

8WPYV

కృత్యము

విద్యార్థులు అంగారకుని చలనాన్ని పరిశీలన చేసి దాని తిరోగమన చలనాన్ని కనుగొనవచ్చును. దానిని కొనుగొనుటకు సుమారు 6 నుండి 7 నెలలు కాలమగును. కావున జూన్ నెల నుండి మరో సంవత్సరము ఏప్రిల్ నెల వరకు రాత్రి సమయములందు విద్యార్థి ఆకాశమును గమనించవలయును. ఈ ఎరుపు గ్రహమును సులభముగా గుర్తించవచ్చును. ఆకాశములో అంగారకుని స్థితిని తెలుసుకొనుటకు 'Google' ను ఉపయోగించవచ్చును.



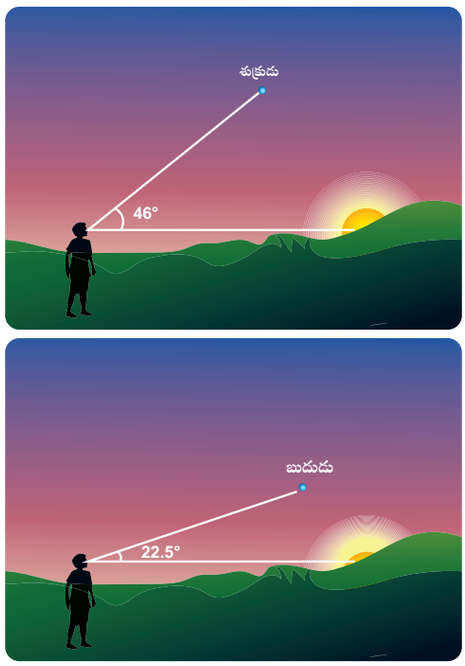
పటము 6.27 సూర్యకేంద్ర నమూనాలో తిరోగమన చలనము

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 32 17-03-2023 14:57:09

6.5.2 కెప్లర్ మూడవ నియమము మరియు ఖగోళ దూరము (Kepler's Third Law and The Astronomical Distance)

టైకోబ్రాహే (Tycho Brahe) యొక్క ఖగోళశాస్త్ర పరిశీలనల ఆధారంగా కెప్లర్ తన మూడు నియమాలను నిర్వహించెను. ఇతని మూడవ సిద్ధాంతము నందు గ్రహమునకు సూర్యునికి మధ్య గల దూరమునకు మరియు భ్రమణ కాలమునకు మధ్య గల సంబంధమును తెలిపెను. ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలు ఎలా భూమికి సూర్యునికి మధ్య దూరమును లెక్కించిరో అదే విధముగా జ్యామితి (రేఖా గణితమును) మరియు త్రికోణమితిని ఉపయోగించి గ్రహాలకు సూర్యునికి మధ్య దూరాన్ని లెక్కించిరి. ఇక్కడ సూర్యుని నుండి బుధుడు మరియు శుక్రునికి మధ్య దూరము కనుగొనబడిన విధానాన్ని చూచెదము. బుధుడు మరియు శుక్రుడు రెండు అంతర గ్రహాలు అగును. భూమి నుండి చూచునపుడు సూర్యునికి శుక్రునికి మధ్య కోణము గరిష్ఠముగా 46° అగును. మరియు సూర్యునికి బుధునికి మధ్య కోణము గరిష్ఠముగా 22.5° అగును పటము 6.28.

పటము 6.29 నుండి భూమి ఆధారంగా శుక్రుడు గరిష్ఠ సాగదీయబడు స్థితిలో ఉన్నప్పుడు (46°) శుక్రుడు సూర్యునికి మధ్య రేఖకు మరియు శుక్రుని భూమికి మధ్య గల రేఖకు మధ్య కలిగియున్న కోణము (90°) అగును. ఇది సూర్యునికి శుక్రునికి మధ్య దూరమును కనుగొనుటకు ఉపయోగపడును. సూర్యునికి భూమికి మధ్య దూరము 1 AU (Astronomical unit) (ఖగోళ ప్రమాణము) గా తీసుకొనబడినది.



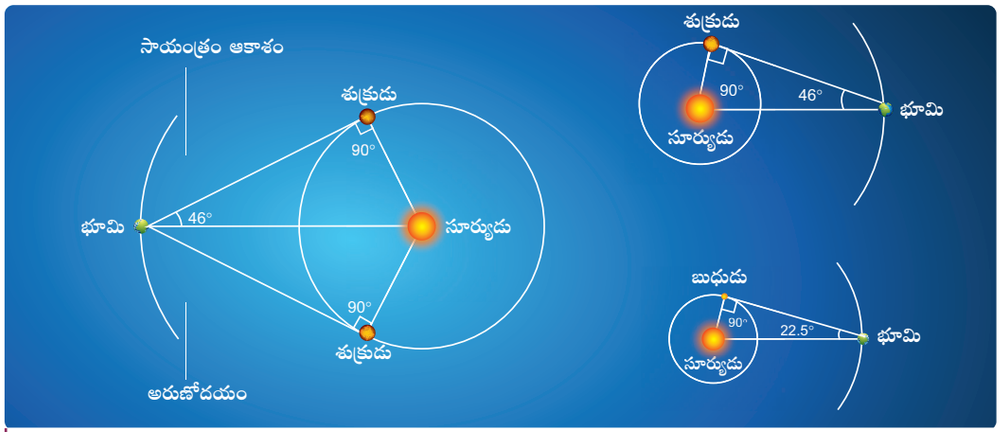
పటము 6.28 క్షితిజ సమాంతరము నుండి శుక్రుడు మరియు బుధ గ్రహముల ఊర్ధ్వకోణము.

(క్షితిజ సమాంతరము నుండి బుధగ్రహము యొక్క ఊర్ధ్వ కోణము). త్రికోణమితి సంబంధము ప్రకారము, పటము 6.29 నుండి లంబకోణ త్రిభుజములో

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

ఇక్కడ R = 1 AU.

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



పటము 6.29 స్థితిజ సమాంతరము నుండి బుధగ్రహము యొక్క ఊర్ధ్వకోణము

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 33 17-03-2023 14:57:10

ఇక్కడ $\sin 46^\circ = 0.72$ శుక్రుడు సూర్యుని నుండి 0.72 AU దూరములో ఉన్నదని లెక్కించబడినది. అదే విధముగా $\theta = 22.5^\circ$ అని ప్రతిక్షేపించి సూర్యునికి బుధునికి మధ్య దూరము 0.38 AU గా లెక్కింపబడినది. అధిక దూరములో నున్న గ్రహాలైన అంగారకుడు, గురువుల దూరములను లెక్కించుటకు వివిధ పద్ధతులు ఉన్నవి. సూర్యునికి సౌర కుటుంబములోని గ్రహాలకు మధ్యగల దూరము క్రింది పట్టిక ద్వారా ఇవ్వబడినది.

పట్టిక 6.2 వివిధ గ్రహాలకైన a^3/T^2 విలువలు

గ్రహములు	భ్రమణ కక్ష్య యొక్క వ్యాసార్ధం (a)	భ్రమణ కాలము T (రోజులలో)	a^3/T^2
బుధుడు	0.389 AU	87.77	7.64
శుక్రుడు	0.724 AU	224.70	7.52
భూమి	1.000 AU	365.25	7.50
అంగారకుడు	1.524 AU	686.98	7.50
గురువు	5.200 AU	4332.62	7.49
శని	9.510 AU	10,759.20	7.40

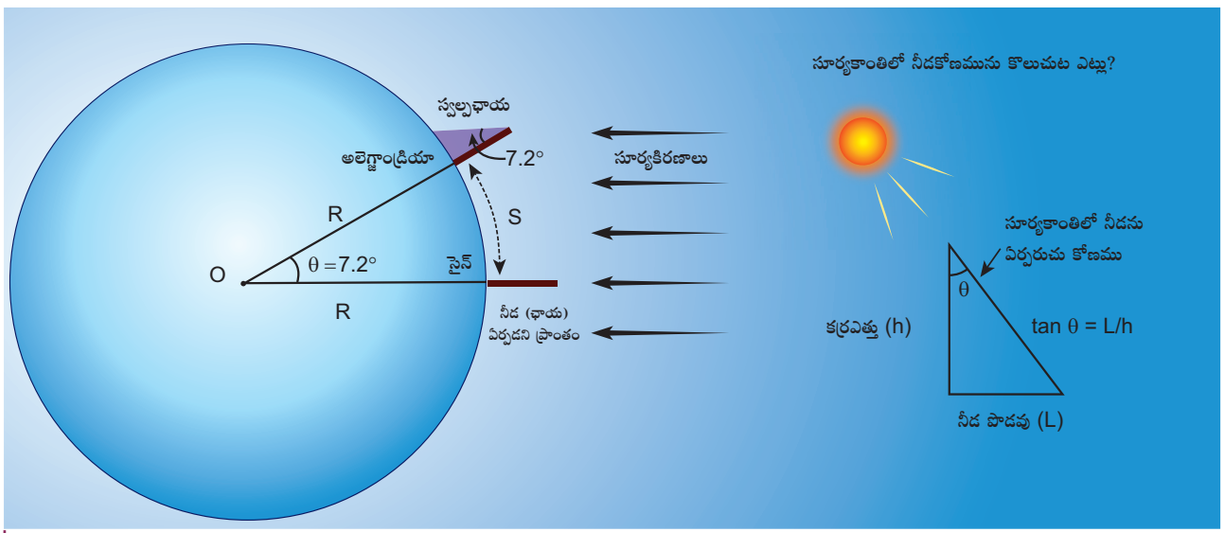
కెప్లర్ నియమమును సరిచూచుటకు పాఠశాల స్థాయిలోనున్న జ్యామితీయ మరియు త్రికోణమితి అవగాహన చాలు.

కృత్యము (ACTIVITY)

ఎలాంటి ఉపకరణము లేకుండా, కంటి చూపుతోనే శుక్రుని చూడవచ్చును. శుక్రుని సూర్యోదయం లేక సూర్యాస్తమయం సమయంలో చూడవచ్చును. విద్యార్థులు శుక్రుని చలనాన్ని ప్రతిరోజు గమనించవలెను. అందు మూలంగా దాని గరిష్ఠ ఊర్ధ్వకోణము 46° అని తెలియుచున్నది మరియు సూర్యుని నుండి శుక్రునికి మధ్య దూరమును కనుగొనుము. ముందుగా తెలియజేసినట్లు గూగుల్ మరియు స్టెల్లారియమును ఉపయోగించి ఆకాశములో శుక్రుని స్థానమును కనుగొనవచ్చును.

6.5.3 భూ వ్యాసార్ధమును కొలుచుట (Measurement of radius of the Earth)

క్రీ.పూ 225 సంవత్సరములో అలెగ్జాండ్రియాలో నివసించిన గ్రీకు గ్రంథాలయపు అధికారి అయిన ఎరటోస్థనీస్ (Eratosthenes) మొట్టమొదట భూ వ్యాసార్ధమును కొలిచెను. ప్రస్తుత నవీన పద్ధతిలో కనిపెట్టిన విలువతో ఈ విలువను పోల్చినపుడు భూ వ్యాసార్ధ విలువ ఇంచుమించు ఎరటోస్థనీస్ కనిపెట్టిన



పటము 6.30 భూ వ్యాసార్ధమును కొలుచుట

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 34 17-03-2023 14:57:11

విలువకు సమానంగా వుండినది. ఎరటోస్థనీస్ ఉపయోగించిన పద్ధతికి కావలసిన గణిత జ్ఞానము ఇప్పుడు ఉన్నత స్థాయి తరగతులలో భోదించబడుచున్నది. ఇతడు అలెగ్జాండ్రియాకు 500 మైళ్ళు దూరములో నున్న సైన్ (syne) నగరము నందు వేసవి కాలములో సూర్యుడు భ్రమణ అయనము (solstice) మధ్యాహ్న సమయంలో సూర్య కిరణములు ఎటువంటి నీడను ఏర్పరచక పోవడాన్ని గమనించెను. అదే రోజు అదే సమయంలో అలెగ్జాండ్రియా నగరంలో సూర్య కిరణములు నిటారుగా 7.2^{o} కోణంలో సూర్యకాంతి నీడ పడినదని కనుగొన్నాడు. (పటము 6.30 లో చూపబడినది) ఈ 7.2^{o} కోణ వ్యత్యాసము భూమి ఉపరితలము వక్రముగా ఉండుట వలనే ఏర్పడినదని నిర్ధారణకు వచ్చెను.

కోణము 7.2^{o} అనునది 1/8 రేడియన్లకు సమానము. కావున $\theta = \frac{1}{8}$ వ్యాసార్ధము;

సైన్ మరియు అలెగ్జాండ్రియా నగరముల మధ్య వృత్త చాప పొడవు 'S' అనియు R అనునది భూ వ్యాసార్ధము అయిన $S = R\theta = 500$ మైళ్ళు

కావున భూ వ్యాసార్ధము

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

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

$$R = 4000 \text{ మైళ్ళు}$$

1 మైలు = 1.699 కి.మీ కావున భూ వ్యాసార్ధము R = 6436 కి.మీ కు సమానమని అతను కొలిచెను. ఇది ప్రస్తుతం కనుగొనబడిన విలువ 6378 కి.మీ కు దగ్గరగా ఉండటం ఆశ్చర్యకరమగును.

చంద్రునికి భూమికి మధ్యగల దూరమును ప్రఖ్యాత గ్రీకు ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞుడైన హిపార్కస్ (Hipparchus) క్రీ.పూ 3 వ శతాబ్దములో కనుగొనెను.

JI3F4

కృత్యము (ACTIVITY)

భూ వ్యాసార్ధమును లెక్కించుటకు కనిష్ఠముగా 500 కి.మీ దూరములో అమరియున్న రెండు స్థలాలను (పాఠశాలలు) ఎన్నుకొనుము. ఈ రెండు స్థలాలు ఒకే అక్షాంశముపై అమరియుండవలెను. (ఉదాహరణకు హోసూరు మరియు కన్యాకుమారి ఒకే అక్షాంశముపై 77.82° E) h ఎత్తు గల కర్రను ఒక మైదానములో లంబంగా ఉంచుము. మిట్ట మధ్యాహ్న సమయంలో రెండు చోట్లా కర్ర ఛాయ (నీడ) యొక్క పొడవును (L) కొలుచుము. పటము (6.30) లో చూపినట్లు గీయుము. $\tan\theta = \frac{L}{h}$ అను సమీకరణమును ఉపయోగించి కోణము యొక్క విలువను రేడియన్లలో లెక్కింపుము. రెండు కోణములలోని వ్యత్యాసము (θ') భూవక్రత వలన ఏర్పడుచున్నది. Google maps ను ఉపయోగించి రెండు స్థలాల మధ్య దూరమును కనుగొనుము. దూరమును ఈ కోణ భేదముతో భాగింపగా భూ వ్యాసార్ధము లభించును.

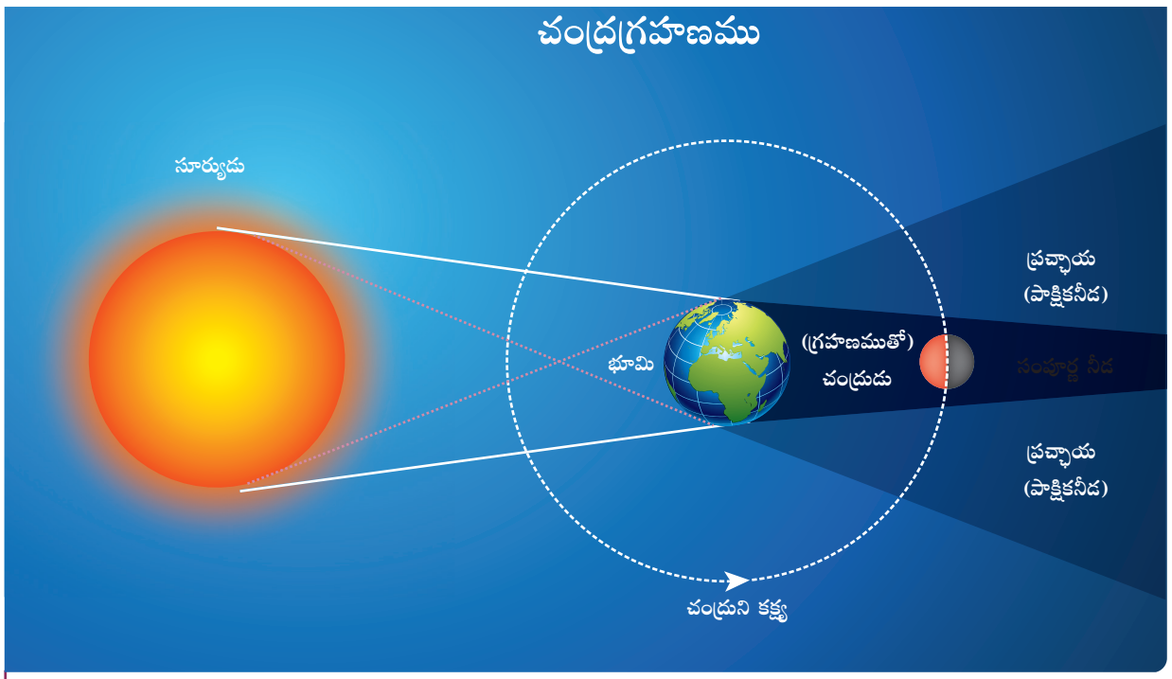
6.5.4 ఆసక్తికర ఖగోళ సత్యములు (Interesting Astronomical Facts)

1. చంద్ర గ్రహణము మరియు భూచ్ఛాయ వ్యాసార్ధ కొలమానము

జనవరి 31,2018 లో సంభవించిన సంపూర్ణ చంద్ర గ్రహణము అనేక ప్రదేశముల నుండి చూడబడెను. తమిళనాడులో కూడ చూడబడెను. చంద్రుడు, భూమిని దాటి వెళ్ళునపుడు భూమి యొక్కనీడ వ్యాసార్ధమును కొలుచుట సాధ్యమగును. పటము 6.31 దీనిని వివరించుచున్నది.

గ్రహణ సమయములో నీడతో కప్పబడిన చంద్రుని భాగము ఎరుపు రంగులో ఉండును. గ్రహణమును వీడి చంద్రుడు పయనించునపుడు నెలవంక (crescent shape) ఆకారములో ఉండును.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 35 17-03-2023 14:57:12



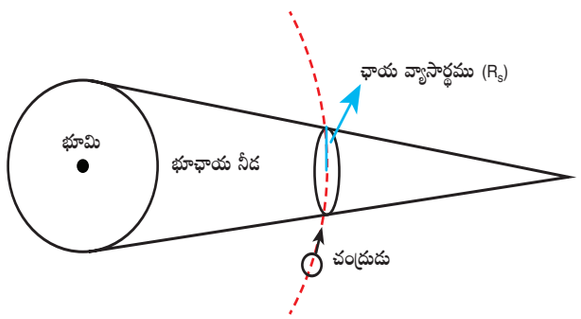
పటము 6.31 సంపూర్ణ చంద్ర గ్రహణము



పటము 6.32 భూమి యొక్క ఛాయ ప్రాంతమును వదిలి చంద్రుని ప్రతిబింబము వెడలునపుడు.

గ్రహణమును వీడి పోవు చంద్రుని యొక్క ఛాయ చిత్రము "డిజిటల్ కెమెరా" ద్వారా తీయబడినది. ఇది పటము 6.32 లో చూపుచున్నది

భూమి ఛాయ దృశ్యా వ్యాసార్ధము మరియు చంద్రుని గ్రహణ దృశ్యా వ్యాసార్ధము కనుగొనడం ద్వారా వ్యాసార్ధ నిష్పత్తిని లెక్కించవచ్చును. ఇది పటము 6.33 మరియు 6.34 ద్వారా చూపబడినది.



పటము 6.33 భూమి యొక్క ఛాయ బింబ వ్యాసార్ధము

భూమి గ్రహణ ఛాయ యొక్క దృశ్యా వ్యాసార్ధము చంద్రుడు $= R_s = 13.2$ cm

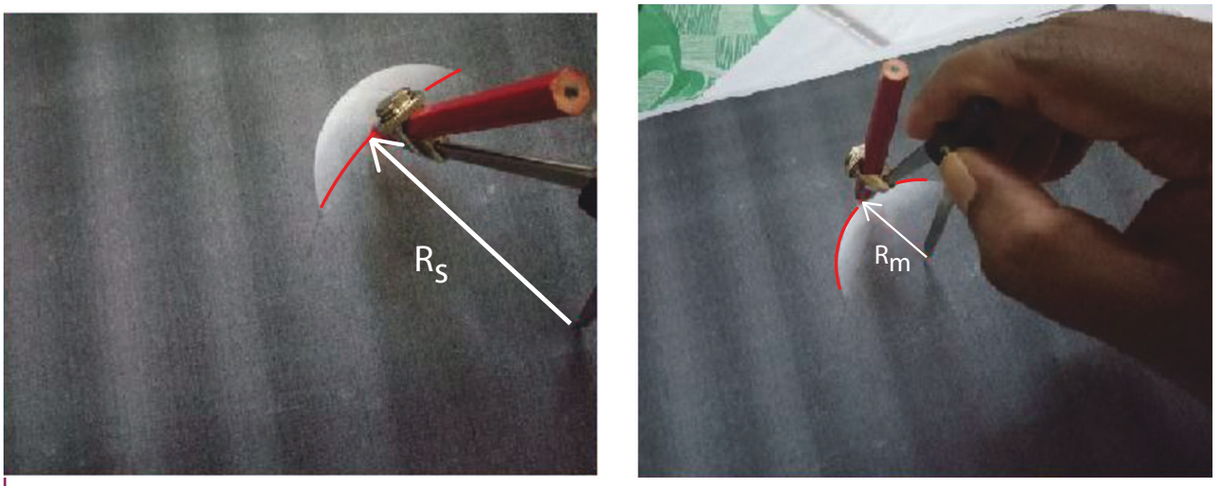
చంద్రుని యొక్క దృశ్యా వ్యాసార్ధము $= R_m = 5.15$ cm

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

భూమి ఏర్పరచు నీడ యొక్క వ్యాసార్ధము is $R_s = 2.56 \times R_m$

చంద్రుని యొక్క వ్యాసార్ధము $R_m = 1737$ కి.మీ

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 36 17-03-2023 14:57:13



పటము 6.34 భూమి యొక్క ఛాయ వ్యాసార్ధమును కనుగొనుట

భూమి ఏర్పరచు నీడ యొక్క వ్యాసార్ధము

$R_s = 2.56 \times 1737$ కి.మీ $\cong 4446$ కి.మీ.

ఖచ్చితమైన వ్యాసార్ధము = 4610 కి.మీ

లెక్కింపులోని లోపముల శాతము

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

అధిక సామర్థ్యం గల టెలిస్కోపును ఉపయోగించి చిత్రములు తీసిన లోపమును తగ్గించవచ్చును. సరళ గణిత పద్ధతి ద్వారా ఈ గణన చేయబడి వున్నదని గమనించవలెను.

చంద్ర గ్రహణ సమయంలో చంద్రునిపై పడు నీడను క్షుణ్ణంగా పరిశీలించి ప్రారంభ ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలు భూమి గోళాకారములో ఉన్నదని నిరూపించిరి.

2. ప్రతి నెల సూర్య మరియు చంద్ర గ్రహణము ఏర్పడుట లేదు ఎందుకు?

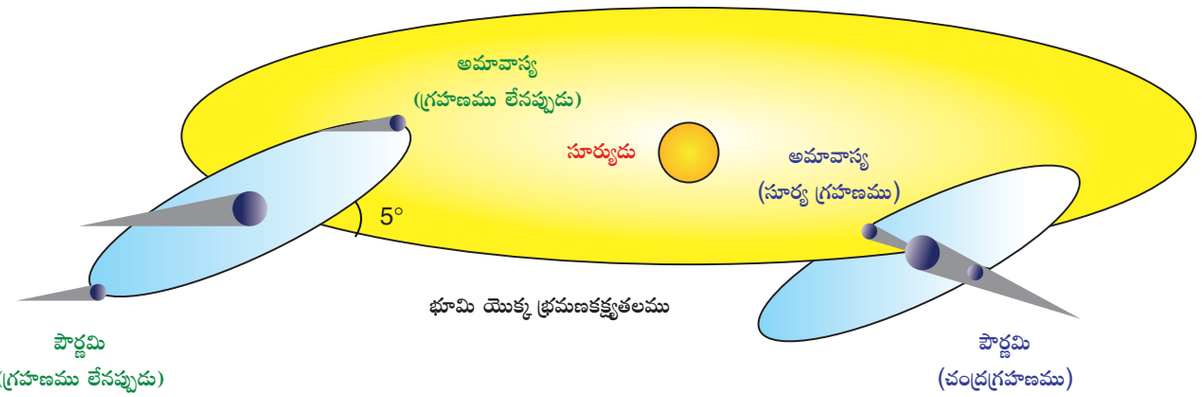
పౌర్ణమి రోజు చంద్రుని యొక్క కక్ష్య మరియు భూమి యొక్క కక్ష్య ఒకే తలముపై అమరియుండిన ప్రతి నెల చంద్ర గ్రహణము సంభవించును. అదే విధముగా అమావాస్యరోజు అమరి ఉంటె సూర్యగ్రహణము సంభవించును. కానీ చంద్రుని భ్రమణ కక్ష్య భూభ్రమణ కక్ష్య నుండి 5° వంగి కనబడుచున్నది. ఈ 5° వంగియుండుట వలన సంవత్సరములో ఒక నిర్ణీత సమయములో మాత్రమే సూర్యుడు, చంద్రుడు మరియు భూమి సరళ రేఖపై అమరియుండును. అలా అమరునపుడు మాత్రమే చంద్ర గ్రహణమో లేక సూర్య గ్రహణమో సంభవించుచున్నది. (ఇది పటము 6.35 లో చూపబడినది)

3. భూమిపై ఋతువులు ఏర్పడుటకు కారణము ఏమి?

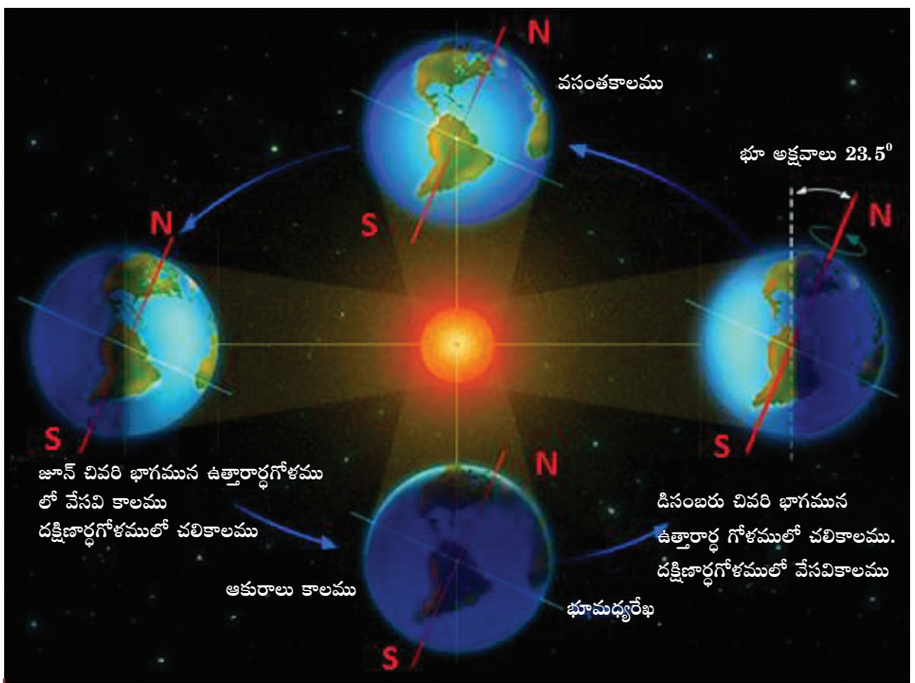
భూమి సూర్యున్ని దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలో చుట్టివచ్చుటయే భూమిపై ఋతువులు ఏర్పడుటకు కారణము అనుట సరికాదు. అనగా దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలో సూర్యునికి దగ్గరగా పరిభ్రమించునపుడు వేసవి కాలమనియు దూరముగా ఉన్నప్పుడు శీతాకాలమనియు భావించుట సరికాదు. నిజానికి భూమి సూర్యుని చుట్టూ 23.5° కోణం వాలులో పరిభ్రమించుట వలన భూమిపై ఋతువులు ఏర్పడుచున్నవి పటము 6.36.

ఈ 23.5° కోణం వాలు కారణంగా ఉత్తర భూభాగము సూర్యునికి దూరముగాను, దక్షిణ భూభాగము సూర్యునికి దగ్గరగాను ఉన్నది. కావున ఉత్తరార్ధ గోళము శీతాకాలమును పొందునపుడు దక్షిణార్ధ గోళము వేసవి కాలమును పొందుచున్నది.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 37 17-03-2023 14:57:14



పటము 6.35 చంద్రని భ్రమణ కక్ష్య యొక్క వాలు



పటము 6.36 భూమి యొక్క ఋతువులు

4. నక్షత్ర దృశ్య చలనము మరియు భూభ్రమణము (Star's apparent motion and spinning of the Earth)

రాత్రి సమయములలో నక్షత్రాల స్థానమును పరిశీలించడం ద్వారా భూమి తన చుట్టూ తాను తిరుగుచున్నదని నిరూపించవచ్చును. భూమి యొక్క స్వీయ భ్రమణము కారణముగానే ధృవ నక్షత్రాన్ని మిగిలిన నక్షత్రములు వృత్తాకార కక్ష్యలో పరిభ్రమించుచున్నట్లు కనబడుచున్నది. ఇది పటము 6.37 ద్వారా చూపబడినది.

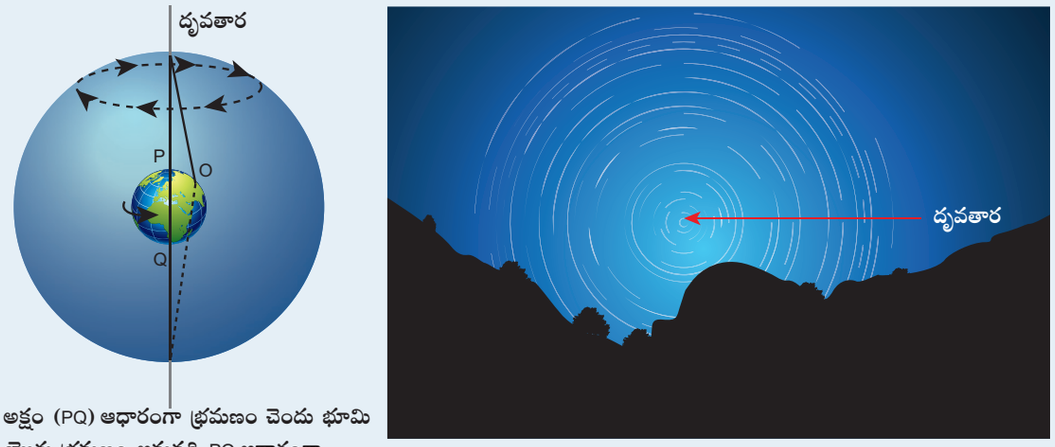
గమనిక

భూ భ్రమణ అక్షానికి నిటారుగా (అభిలంబంగా) ధృవ నక్షత్రము అమరియుండుట వలన ఆ ధృవ నక్షత్రము నిలకడగా ఉన్నట్లు కనబడుచున్నది. పోలరిస్ (Polaris) నక్షత్రములే ధృవ నక్షత్రములగును.

మెదడుకు మేత (Point to ponder)

సూర్య కిరణాలను మరియు నీడను ఉపయోగించి భూమి 23.5° వాలియున్నదని నిరూపించుము?

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 38 17-03-2023 14:57:15



అక్షం (PQ) ఆధారంగా భ్రమణం చెందు భూమి యొక్క భ్రమణం అనునది PQ ఆధారంగా (వ్యతిరేకదిశలో) నక్షత్రాల దృశ్యా (స్పష్టమైన) భ్రమణాన్ని వివరించును.

మనం నక్షత్రాన్ని పరిశీలించినట్లైతే, రాత్రులందు అవి వాటి స్థానాల్ని నిధానముగా మార్చుకొనునట్లు మరియు వృత్తాకారముగా చలించునట్లు కనిపించును.

పటము 6.37 భూ స్వీయ భ్రమణం కారణంగా నక్షత్ర దృశ్యా వృత్తాకార కక్ష్య చలనం.

6.5.5 ఖగోళ శాస్త్రము మరియు గురుత్వాకర్షణలోని ఇటీవలి అభివృద్ధులు (Recent developments of astronomy and gravitation)

19 వ శతాబ్దము వరకు ఖగోళ శాస్త్రము నేరుగా కంటితో చూసి లేక టెలిస్కోపు సహాయముతో పరిశీలించబడుచుండెను. 19 వ శతాబ్దం చివరిలో విద్యుదయస్కాంత వర్ణ పటము (electromagnetic spectrum) ను కనుగొనిన తరువాత విశ్వమును గూర్చిన అవగాహన పెరిగినది. ఈ అభివృద్ధి కారణముగ 19 వ శతాబ్ద చివరిలో న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ నియమము నిర్దిష్ట సమస్యలను వివరించలేక పోయినదని కనుగొనబడినది. ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ (Albert Einstein) ప్రతిపాదించిన సాపేక్ష నియమము (General theory of relativity) 20 వ శతాబ్దములో గురుత్వ అధ్యయనములో చెరగని ముద్ర వేసెను.

20 వ శతాబ్దములో ఖగోళ శాస్త్రము మరియు గురుత్వాకర్షణ ఒకటిగా కలుపబడి వివిధ రకాలుగా అభివృద్ధి చెందెను. నక్షత్రముల పుట్టుక, అంతము తుల్యముగా అర్థము చేసుకొనబడెను. అనేక భారతీయ భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు ఖగోళ భౌతిక శాస్త్రము మరియు గురుత్వాకర్షణ శాఖలో తమ వంతు కృషి చేసిరి. సుబ్రమణియన్ చంద్రశేకర్ కృష్ణబిలము (Black hole) మరియు నక్షత్ర జీవన ఉనికి సిద్ధాంతములను వివరించెను. ఈ పరిశోధనలు అతనికి 1983 లో నోబెల్ బహుమతిని సంపాదించిపెట్టెను. మరొక ప్రఖ్యాత ఖగోళ భౌతిక శాస్త్రవేత్తయిన మేఘనాద్ సహా నక్షత్రములను వర్గీకరించుటకు కావలసిన అయనీకరణ సూత్రమును కనుగొనిరి. ఈ సూత్రము " సహా అయనీకరణ సూత్రము" (Saha ionization formula) గా ప్రసిద్ధి చెందినది. గురుత్వాకర్షణ శాఖలో అమల్ కుమార్ రాయ్ చౌదరి పరిష్కరించిన సమీకరణము ఇప్పుడు "రాయ్ చౌదరి సమీకరణము" గా ప్రసిద్ధి గాంచినది. మరొక ప్రముఖ ఖగోళ భౌతిక శాస్త్రవేత్తయిన జయంత్ వి నార్లికర్ (Jayant V Narlikar) ఖగోళ శాస్త్రమునకు కొత్త దనాన్ని జోడించెను మరియు ఖగోళ శాస్త్రము, ఖగోళ భౌతిక శాస్త్రముపై అనేక పుస్తకములను రచించెను IUCAA (Inter University Center for Astronomy and Astrophysics) అనునది ఖగోళ శాస్త్రములో మరియు ఖగోళ భౌతిక శాస్త్రములో అనేక పరిశోధనలు చేయు భారతదేశములోనే అతి ముఖ్యమైన విద్యా సంస్థగా నిలిచియున్నది. ఈ విద్యాసంస్థ ప్రొ॥. జె. వి నార్లికర్" చే స్థాపించబడినది. విద్యార్థులు పై శాఖలలో అనేక పరిశోధనలు చేయుటకు ఉత్సాహపరచబడుచున్నారు.

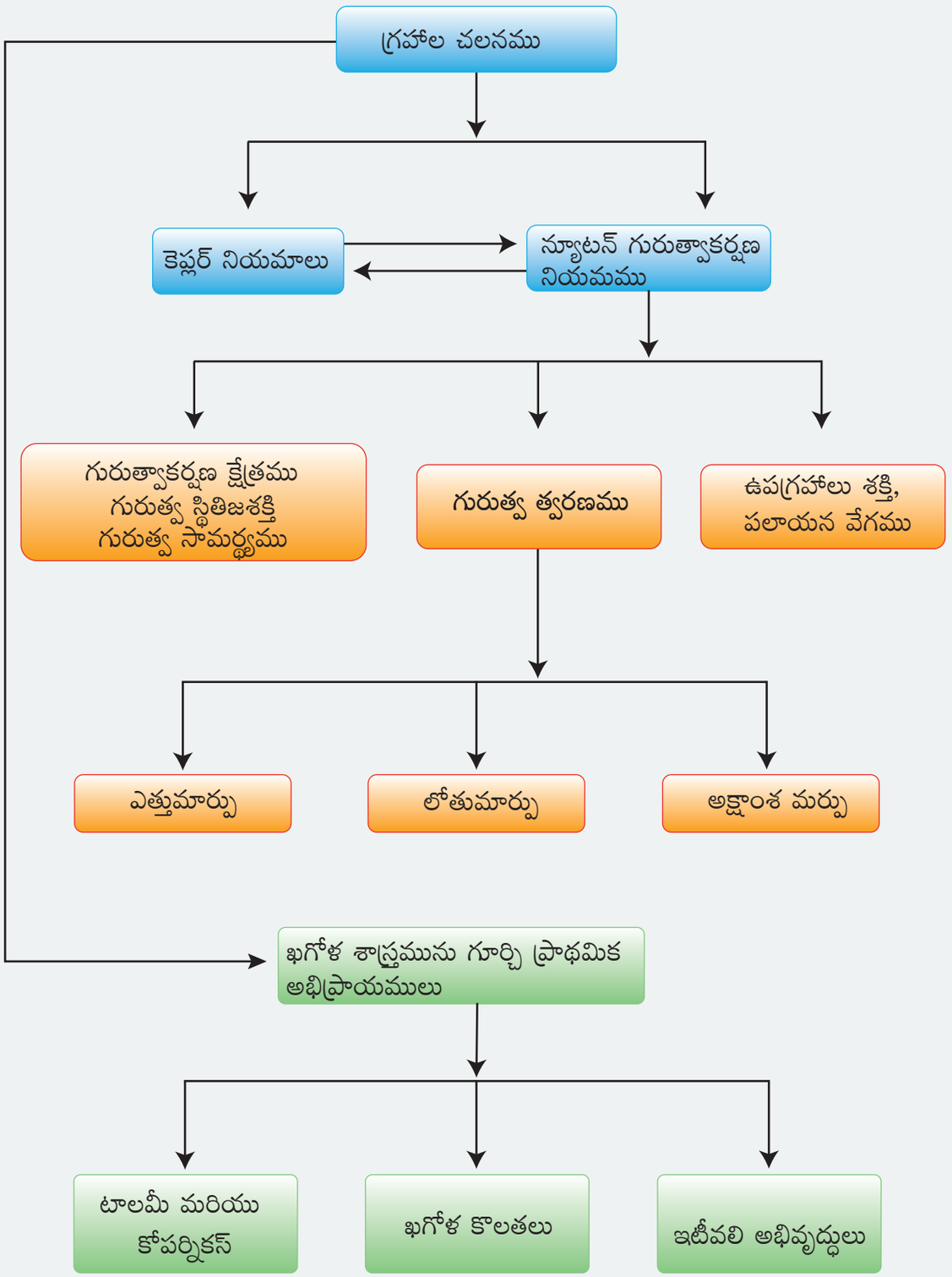
11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 39 17-03-2023 14:57:15

సారాంశము (SUMMARY)

- కెప్లర్ నియమాల్ని ఉపయోగించి గ్రహ చలనమును వివరించవచ్చును.
- **కెప్లర్ మొదటి నియమము:** సూర్యుని నాభిగా ఉంచి సౌర కుటుంబంలోని అన్ని గ్రహాలు దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలో సూర్యునిచుట్టూ పరిభ్రమణం చెందుచుండును.
- **కెప్లర్ రెండవ నియమము:** సూర్యుని మరియు గ్రహాలను కలుపు వ్యాసార్ధ సదిశ (radial vector) సమాన కాల వ్యవధిలో సమాన వైశాల్యములను ఏర్పరచును.
- **కెప్లర్ మూడవ నియమము:** గ్రహాల భ్రమణ కాల వర్గం మరియు భ్రమణ కక్ష్య యొక్క అర్ధ ప్రధాన అక్షము యొక్క ఘనము మధ్య గల నిష్పత్తి ఆ సౌర వ్యవస్థలోని అన్ని గ్రహములకు స్థిరాంకమగును.
- **న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ నియమము:** రెండు ద్రవ్యరాశుల మధ్య గురుత్వాకర్షణ బలము వాటి ద్రవ్యరాశుల లబ్దానికి అనులోమాను పాతములోను మరియు వాటి మధ్య దూర వర్గానికి విలోమాను పాతములో నుండును సదిశా రూపములో $\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}$
- గురుత్వాకర్షణ బలము అనునది కేంద్రక బలము అగును.
- న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ నియమము కెప్లర్ నియమాన్ని ఉత్పన్నము చేయును.
- m ద్రవ్యరాశి వలన r దూరంలో ఉన్న బిందువు వద్ద గురుత్వ క్షేత్రము $\vec{E} = -\frac{Gm}{r^2}\hat{r}$. ఇది సదిశ రాశి అగును.
- రెండు ద్రవ్యరాశుల మధ్య గురుత్వ స్థితిజశక్తి $U = -\frac{Gm_1m_2}{r}$. ఇది అదిశరాశి అగును.
- m ద్రవ్యరాశి r దూరములో ఉన్న బిందువు వద్ద గురుత్వ పొటెన్షియల్ $V = -\frac{Gm}{r}$ ఇది అదిశరాశి అగును.
- భూమ్యాకర్షణ వలన ఏర్పడు త్వరణము ఎత్తు పెరిగే కొలది లేక లోతు పెరిగే కొలది తగ్గును.
- భూ భ్రమణ ప్రభావము వలన భూ త్వరణము ధృవాల వద్ద గరిష్ఠముగాను, భూ మధ్య రేఖ వద్ద కనిష్ఠముగాను ఉండును.
- భూమ్యాకర్షణ క్షేత్రము నుండి పలాయనము చెందుటకు ఒక వస్తువుకు కావలసిన పలాయన వేగము $v_e = \sqrt{2gR_e}$. ఇది వస్తు ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడదు.
- ఉపగ్రహము యొక్క శక్తి ఋణాత్మక విలువ (–) అగును. ఇది భూమికి ఉపగ్రహానికి మధ్య గల గురుత్వాకర్షణ బల సంబంధాన్ని తెలుపుచున్నది.
- గ్రహాల మధ్య గల సాపేక్ష చలనమే తిరోగమన చలనానికి కారణమని కోపర్నికస్ నమూనా వివరించుచున్నది. ఈ వివరణ టాలమీ యొక్క ఉపకక్ష్య పద్ధతి కన్ననూ సులభముగా ఉన్నది.
- కోపర్నికస్ మరియు కెప్లర్ సులభ జ్యామితి మరియు త్రికోణమితి పద్ధతులను ఉపయోగించి సూర్యునికి గ్రహానికి మధ్య దూరాన్ని లెక్కించెను.
- 2400 సంవత్సరములకు పూర్వము ఎరటోస్థనిస్ సులభ జ్యామితి మరియు త్రికోణమితి పద్ధతులను ఉపయోగించి భూ వ్యాసార్ధమును లెక్కించెను.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 40 17-03-2023 14:57:16

భావన చిత్ర పటము (CONCEPT MAP)



11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 41 17-03-2023 14:57:16

మూల్యాంకనము

I. బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు:

1. రేఖీయ ద్రవ్యవేగము మరియు గ్రహస్థాన సదిశ ఒకదానితో నొకటి లంబంగా ఉన్నప్పుడు

(అ) పరిహేళి మరియు అపహేళి

(ఆ) అన్ని బిందువుల వద్దను

(ఇ) పరిహేళి వద్ద మాత్రమే

(ఈ) ఏ బిందువు వద్దనూ లేదు

2. భూమి మరియు సూర్యుని ద్రవ్యరాశులు ఉన్నట్టుండి రెట్టింపయిన, వాటి మధ్య గల గురుత్వాకర్షణ బలము

(అ) మారదు

(ఆ) రెండితలు పెరుగును

(ఇ) నాలుగింతలు పెరుగును

(ఈ) రెడింతలు తగ్గును

3. ఒక గ్రహము సూర్యుని చుట్టూ దీర్ఘవృత్తాకార కక్ష్యలో పరిభ్రమించునపుడు సూర్యునికి ఆ గ్రహమునకు మధ్య కనిష్ఠ దూరము r_1 మరియు గరిష్ఠ దూరము r_2 మరియు వరుసగా వాటి రెండు బిందువుల వద్ద సరేఖీయ వేగము v_1 మరియు v_2 అయిన $\frac{v_1}{v_2}$ నిష్పత్తి

(NEET 2016)

(అ) $\frac{r_2}{r_1}$ (ఆ) $\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$

(ఇ) $\frac{r_1}{r_2}$ (ఈ) $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$

4. వృత్తాకార కక్ష్యలో భూమిని చుట్టి వచ్చు ఉపగ్రహము యొక్క భ్రమణ కాలము క్రింది వాటిలో దేనిపై ఆధారపడలేదు.

(అ) కక్ష్య యొక్క వ్యాసార్ధము

(ఆ) ఉపగ్రహ ద్రవ్యరాశి

(ఇ) ఉపగ్రహము యొక్క ద్రవ్యరాశి మరియు కక్ష్య వ్యాసార్ధము

(ఈ) ఉపగ్రహము యొక్క ద్రవ్యరాశి మరియు కక్ష్య వ్యాసార్ధము రెండూ కాదు.

5. భూమికి సూర్యునికి మధ్య దూరము రెట్టింపయిన ఒక సంవత్సరములో ఉండు రోజుల సంఖ్య

(అ) 64.5 (ఆ) 1032

(ఇ) 182.5 (ఈ) 730

6. కెప్లర్ రెండవ నియమము ప్రకారము సూర్యుని భూమిని కలుపు వ్యాసార్ధ సదిశ సమానకాల వ్యవధులలో సమాన వైశాల్యములను ఏర్పరచుచున్నది. ఈ నిత్యత్వ నియమము

(అ) రేఖీయ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వము

(ఆ) కోణీయ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వము

((ఇ) శక్తి నిత్యత్వము

(ఈ) గతిజ శక్తి నిత్యత్వము

7. భూమికి సంబంధించి చంద్రుని స్థితిజ శక్తి

(అ) ఎల్లప్పుడూ ధనాత్మకము

(ఆ) ఎల్లప్పుడూ ఋణాత్మకము

(ఇ) ధనాత్మకముగాను లేక ఋణాత్మకముగాను ఉండవచ్చును

(ఈ) ఎల్లప్పుడూ శూన్యము

8. సూర్యుని చుట్టూ దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలో పరిభ్రమించు గ్రహముల గతిజశక్తులు వరుసగా A, B మరియు C స్థానముల వద్ద K_A, K_B మరియు K_C అగును. AC అనునది గరిష్ఠ అక్షము మరియు SB అక్షము AC కు లంబముగా సూర్యుడు S స్థానము వద్ద క్రింది పటములో చూపినట్లు ఉన్నది. అయితే

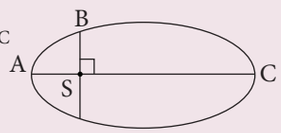
(NEET 2018)

(అ) $K_A > K_B > K_C$

(ఆ) $K_B < K_A < K_C$

(ఇ) $K_A < K_B < K_C$

(ఈ) $K_B > K_A > K_C$



11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 42 17-03-2023 14:57:17

9. సూర్యుని గురుత్వాకర్షణ బలమువలన భూమిపై జరిగిన పని

(అ) ఎల్లప్పుడూ శూన్యము

(ఆ) ఎల్లప్పుడూ ధనాత్మకము

(ఇ) ధనాత్మకముగాను లేక ఋణాత్మకముగాను ఉండవచ్చును

(ఈ) ఎల్లప్పుడు ఋణాత్మకము

10. భూ వ్యాసార్ధము మరియు ద్రవ్యరాశి రెండింతలయిన గురుత్వ త్వరణము g

(అ) మార్పులేదు (ఆ) $\frac{g}{2}$

(ఇ) 2 g (ఈ) 4 g

11. భూమి పొందు సూర్యుని గురుత్వ క్షేత్ర పరిమాణము

(అ) సంవత్సరమంతయు ఒకేలా ఉండును

(ఆ) జనవరిలో తగ్గి జూలైలో పెరుగును

(ఇ) జూలైలో తగ్గి జనవరిలో పెరుగును

(ఈ) పగటి వేళ పెరిగి రాత్రి వేళ తగ్గును.

12. ఒక వ్యక్తి చెన్నై నుండి తిరుచ్చికు ప్రయాణించినపుడు అతని బరువు



(అ) పెరుగును

(ఆ) తగ్గును

(ఇ) మారదు

(ఈ) మొదట పెరిగి తరువాత తగ్గును

13. ఇంటి పై కప్పుకు సంధానించబడిన స్ప్రింగు కొలబద్దకు 10. కి.గ్రా ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు వ్రేలాడదీయబడియున్నది. స్ప్రింగ్ కొలబద్ద స్వేచ్ఛగా క్రిందికి పడునపుడు కొలబద్దలో ఏర్పడు కొలమానము

(అ) 98 N (ఆ) సున్న

(ఇ) 49 N (d) 9.8 N న్యూటన్

14. గురుత్వాకర్షణ వలన ఏర్పడు త్వరణము దాని నిజ విలువకు నాలుగు రెట్లు అయిన, పలాయన వేగము

(అ) ఒకే విధముగా ఉండును

(ఆ) సగటు విలువకు రెండింతలు

(ఇ) దానిలో సగము

(ఈ) సగటు విలువకు నాలుగింతలు

15. భూమి చుట్టూ పరిభ్రమించు ఉపగ్రహము యొక్క గతిజశక్తి

(అ) స్థితిజ శక్తికి సమానము

(ఆ) స్థితిజ శక్తి కన్ననూ తక్కువ

(ఇ) గతిజశక్తి కన్ననూ అధికము

(ఈ) శూన్యము

జవాబులు:

1) అ	**2)** ఇ	**3)** అ	**4)** ఆ	**5)** ఆ
6) ఆ	**7)** ఆ	**8)** అ	**9)** ఇ	**10)** ఆ
11) ఇ	**12)** ఆ	**13)** ఆ	**14)** ఆ	**15)** ఆ

II. సంక్షిప్త సమాధాన ప్రశ్నలు

1. కెప్లర్ మూడు నియమాలను తెలుపుము?

2. న్యూటన్ విశ్వ గురుత్వ నియమాన్ని తెలుపుము?

3. గ్రహ కోణీయ ద్రవ్యవేగము నిత్యత్వమగునా? నీ సమాధానము తెలుపుము.

4. గురుత్వ క్షేత్రమును నిర్వచించుము. దాని ప్రమాణమును తెలుపుము.

5. గురుత్వక్షేత్రము యొక్క ఆధ్యారోపణ సిద్ధాంతము అనగానేమి?

6. గురుత్వ స్థితిజ శక్తిని నిర్వచించుము.

7. స్థితిజ శక్తి అనునది విడి వస్తువు (single object) యొక్క ధర్మమా ? వివరించుము.

8. గురుత్వ పొటెన్షియల్‌ను నిర్వచించుము?

9. గురుత్వ స్థితిజ శక్తి మరియు గురుత్వ పొటెన్షియల్ మధ్య గల భేదాన్ని తెలుపుము?

10. భూమి యొక్క పలాయన వేగమనగానేమి?

11. ఉపగ్రహము (ఏదేని గ్రహము) యొక్క శక్తి ఋణాత్మకముగా (negative) ఎందుకు ఉండును?

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 43 17-03-2023 14:57:18

12. భూస్థిర ఉపగ్రహము మరియు ధ్రువ ఉపగ్రహాలు అనగానేమి?
13. బరువు – నిర్వచింపుము
14. ఎందులకు ప్రతి నెలలో సూర్య మరియు చంద్ర గ్రహణములు సంభవించుట లేదు?
15. భూభ్రమణాన్ని ఎట్లు నిరూపించెదవు?

III. వ్యాసరూప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. గురుత్వ నియమము యొక్క ముఖ్య లక్షణాలను గూర్చి చర్చించండి?.
2. కెప్లర్ మూడవ నియమము నుండి న్యూటన్ తన గురుత్వాకర్షణ నియమాన్ని ఎట్లు నిర్ధారించెను?.
3. న్యూటన్ తన గురుత్వాకర్షణ నియమాన్ని ఎట్లు సరిచూచెనో వివరింపుము?
4. గురుత్వ స్థితిజ శక్తికి చెందిన సమాసమును ఉత్పాదించుము.
5. భూ ఉపరితలానికి దగ్గరగా ఎత్తులోనున్న బిందువులలో ఒక వస్తువు యొక్క గురుత్వ స్థితిజ శక్తి $U = mgh$ అని నిరూపించుము?
6. లిఫ్ట్ ఉదాహరణమును ఉపయోగించి బరువులేని స్థితిని విపులముగా వివరించుము.
7. పలాయన వేగమునకు సమాసమును ఉత్పాదించుము.
8. అక్షాంశమును బట్టి g యొక్క మార్పును వివరించుము.
9. ఎత్తును బట్టి g యొక్క మార్పును వివరించుము.
10. భూ ఉపరితలము నుండి లోతును బట్టి g' యొక్క మార్పును వివరించుము
11. భూమి చుట్టూ పరిభ్రమించు ఉపగ్రహము యొక్క భ్రమణ కాలమునకు సమాసమును ఉత్పాందిచుము.
12. ఉపగ్రహము యొక్క శక్తికి సమాసమును ఉత్పాందిచుము.
13. భూస్థిర ఉపగ్రహము మరియు ధ్రువ ఉపగ్రహాలను గూర్చి విశదముగా వివరించుము
14. గ్రహాల తిరోగమన చలనాన్ని ఉపయోగించి సూర్యకేంద్రక సిద్ధాంతము భూకేంద్రక సిద్ధాంతపరంగా అది ఎలా మారునో వివరింపుము.
15. ఏరటోస్థనీస్ (Eratosthenes) పద్ధతిని ఉపయోగించి భూ వ్యాసార్ధమును కనుగొనుటను విపులముగా వివరించుము
16. సంపూర్ణ చంద్ర గ్రహణ సమయములో భూఛాయ (umbra) వ్యాసార్ధమును కొలుచుటను వివరింపుము

IV. సమస్యలు

1. గుర్తు తెలియని ఒక గ్రహము భూ కక్ష్యలో అర్ధ ప్రధాన అక్షమునకు రెండింతల దూరముతో సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమించుచున్నది. భూ భ్రమణ కాలము T_1 అయిన ఆ గుర్తు తెలియని గ్రహము యొక్క భ్రమణ కాలము ఎంత ?

   సమాధానము: $T_2 = 2\sqrt{2}T_1$

2. క్రిందివ్వబడిన వివరములోని వేరొక సౌర కుటుంబములోని గ్రహముల అర్ధ ప్రధానాక్షము మరియు భ్రమణ కాలము ఇవ్వబడినది. గ్రహాల అర్ధ ప్రధానాక్షము మరియు భ్రమణ కాలము మధ్య సంబంధమును తెలుపుము

గ్రహము	భ్రమణ కాలము (T) (సంవత్సరములలో)	అర్ధ ప్రధానాక్షము
కురింజి	2	8
ముల్లై	3	18
మరుధం	4	32
నైదల్	5	50
పాలై	6	72

   జవాబు: $a \propto 2T^2$

3. రెండు ద్రవ్యరాశులు మరియు వాటి మధ్య దూరము రెండితలయిన, ఆ రెండింటి మధ్య ఏర్పడు గురుత్వాకర్షణ బల మార్పు ఏమి?

   జవాబు: మార్పులేదు

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 44 17-03-2023 14:57:18

4. ద్రవ్యరాశి m మరియు 4m గల రెండు వస్తువులు r దూరములో ఉన్నవి. రెండు వస్తువులను కలుపు సంధానరేఖలో ఒక బిందువు వద్ద గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము శూన్యం అయిన, ఆ బిందువు వద్ద గురుత్వ పొటెన్షియల్‌ను లెక్కింపుము ?

జవాబు: $V = -\frac{9Gm}{r}$

5. సూర్యుని నుండి రెండు గ్రహాలు ఉన్న దూర నిష్పత్తి $\frac{d_1}{d_2} = 2$, అయిన గ్రహాలు పొందు గురుత్వ క్షేత్ర నిష్పత్తి ఎంత ?

జవాబు: $E_2 = 4\,E_1$

6. గురువు యొక్క ఉపగ్రహమైన (చంద్రుడు) Io గురువును 1.769 రోజులకు ఒక సారి చుట్టివచ్చుచున్నది. ఆ ఉపగ్రహము యొక్క కక్ష్యా వ్యాసార్ధము 421700 కి.మీ అయిన గురువు యొక్క ద్రవ్యరాశిని గణించుము

జవాబు: 1.898×10^{27} కి.గ్రా

7. ఒక గ్రహము యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగము $\vec{L} = 5t^2\mathrm{i} - 6\mathrm{tj} + 3\mathrm{k}$ అయిన ఆ గ్రహము పొందు టార్క్ (torque) ఎంత ? ఆ టార్క్ (బల భ్రామకం) కోణీయ ద్రవ్యవేగము దిశగా పనిచేయునా ?

జవాబు: $\vec{\tau} = 10ti - 6j$

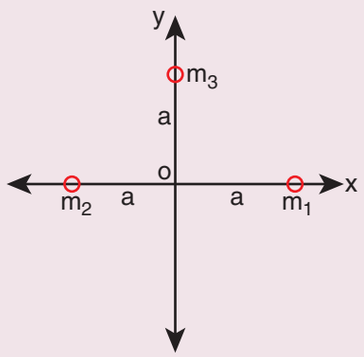
8. సమాన నాలుగు M ద్రవ్యరాశి గల వస్తువులు ఒకదానికొకటి సమాన దూరంలో ఉన్నవి మరియు వాటి మధ్య గల గురుత్వాకర్షణ వలన R వ్యాసార్ధము గల వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరుగుచున్నవి. అయినా ఒక్కొక్క కణము యొక్క వేగాన్ని లెక్కింపుము?

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

9. విశ్వ గురుత్వ స్థిరాంకము $G = 6.67 \times 10^{11}$ విలువకు బదులుగా $G = 6.67 \times 10^{-11}$ అని వ్రాసిన సరికాని g'. యొక్క గురుత్వ త్వరణము ఎంత ? ఈ క్రొత్త గురుత్వ త్వరణము ప్రభావము వలన నీ శరీర బరువు W' ఎంత?

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

10. క్రింది పటములో ఇవ్వబడిన m_1, m_2 మరియు m_3 ద్రవ్యరాశుల స్థానములు ఇవ్వబడినవి. 0 బిందువు వద్ద వాటి గురుత్వ క్షేత్రమును లెక్కింపుము. m_1 మరియు m_2 ద్రవ్యరాశులు సమానమైన O బిందువు వద్ద ఏర్పడు గురుత్వ క్షేత్ర మార్పు ఎంత?



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

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

11. సూర్యుడు మరియు భూమి యొక్క స్థితిజ శక్తి ఎంత? సూర్యునికి భూమికి మధ్య దూరము 150 మిలియన్ కి.మీ భూ ద్రవ్యరాశి 5.9×10^{24} kg కి.గ్రా మరియు సూర్యుని ద్రవ్యరాశి 1.9×10^{30} kg కి.గ్రా

జవాబు: $U = -49.84 \times 10^{32}$ Joule

12. భూమి సూర్యున్ని 30 కి.మీ.సె$^{-1}$ ($30\ \mathrm{km\ s^{-1}}$) వేగముతో చుట్టి వచ్చుచున్నది. భూమి యొక్క గతిజ శక్తిని లెక్కింపుము. ముందటి ఉదాహరణములో భూమి యొక్క స్థితిజశక్తిని లెక్కించితివి. ఈ దశలో భూమి యొక్క మొత్తం శక్తి ఎంత? మొత్తశక్తి ధనాత్మకంగా వున్నదా? లేనిచో కారణములను తెలుపుము.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 45 17-03-2023 14:57:20

జవాబు: $K.E = 26.5 \times 10^{32}\,J$

$E = -23.29 \times 10^{32}\,J$

ఋణాత్మక చిహ్నము (–) ve భూమి సూర్యుని గురుత్వ శక్తికి లోబడియుండుటను సూచించుచున్నది.

13. భూమి నుండి విసరబడిన వస్తువు శూన్యము కాని గతి శక్తితో $\left[K.E\left(r=\infty\right)=\frac{1}{2}Mv_{\infty}^{2}\right]$ అనంత దూరమును చేరుకొనిన ఎంత వేగముతో ఆ వస్తువు విసరబడియుండవచ్చును.

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

14. మనము భూ ఉపరితలము నుండి 200 కి.మీ ఎత్తుకు మరియు లోతుకు వెళ్ళినపుడు ఆ రెండు బిందువుల వద్ద gయొక్క విలువ ఎంత ? ఏ సందర్భములో g యొక్క విలువ కనిష్ఠముగా ఉండును.

జవాబు: $g_{down} = 0.96\,g$

$g_{up} = 0.94\,g$

15. తమిళనాడులోని మీ జిల్లాలో g విలువ మార్పును గణించుము. (సూచన: గూగుల్ నుండి అక్షాంశమును తీసుకొనుము) మరియు చెన్నైకు, కన్యాకుమారికు మధ్య గల $\hat{g}$ విలువ మార్పు ఎంత?

జవాబు: $g_{\text{చెన్నై}} = 9.7677\ m\ s^{-2}$

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

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

V. ఊహాత్మక ప్రశ్నలు

1. క్రిందివ్వబడిన పరిమాణములలో ఏది స్థిరాంకము

(అ) గ్రహ సరళ రేఖీయ ద్రవ్యవేగము

(ఆ) గ్రహ కోణీయ ద్రవ్యవేగము

(ఇ) గ్రహము యొక్క మొత్తశక్తి

(ఈ) గ్రహ స్థితిజ శక్తి

2. ఒక సంవత్సర కాలములో సూర్యునిచే భూమిపై చేసిన పని విలువ

(అ) శూన్యము (ఆ) శూన్యము కాదు

(ఇ) ధనాత్మకము (ఈ) ఋణాత్మకము

3. నిర్దిష్ట కాల వ్యవధిలో సూర్యునిచే భూమిపై చేసిన పని

(అ) ధనాత్మకము, ఋణాత్మకము లేక శూన్యము

(ఆ) ఖచ్చితంగా ధనాత్మకము

(ఇ) ఖచ్చితంగా ఋణాత్మకము

(ఈ) ఎల్లప్పుడూ శూన్యము

4. ఒక తోక చుక్క ఉన్నట్టుండి చంద్రుని ఢీకొని, చంద్రుని పూర్తి శక్తి కన్ననూ అధికమైన శక్తిని చంద్రునికి ఇచ్చిన ఏమి జరుగును?

5. చంద్రునిపై పనిచేయు భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ బలము ఉన్నట్టుండి నిలిచిన చంద్రునికి ఏమి జరుగును?

6. భూమి స్వీయభ్రమణ అక్షము నుండి వంగి (tilt) వుండకపోతే, ఋతువులలో ఏర్పడు మార్పులేమి?

7. వేసవి కాలము మరియు చలికాలము సంభవించుటకు గల కారణమేమని ఒక విద్యార్థి ప్రశ్నించెను. భూమి సూర్యుని చుట్టూ దీర్ఘ వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరుగుచున్నదని తెలియును మరియు ఆ కక్ష్యలో సూర్యునికి దగ్గరగా భూమి వచ్చునప్పుడు వేసవిగాను, సూర్యునికి దూరంగా ఉన్నప్పుడు చలికాలముగానూ ఉండునని ఉపాధ్యాయుడు సమాధానమిచ్చెను. ఈ సమాధానము సరియా? సరికాని యెడల చలికాలము మరియు వేసవి కాలము సంభవించుటను గూర్చి సరియైన వివరణనిమ్ము?

8. క్రిందివ్వబడిన ఛాయా చిత్రములు జనవరి 31, 2018 లో సంభవించిన చంద్ర గ్రహణ

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 46 17-03-2023 14:57:21

సమయములో తీయబడినవి. ఈ ఛాయా చిత్రములనుపయోగించి భూమి గోళాకారముగా నున్నదని నిరూపించదగునా?



పరిశీలనా గ్రంధములు (BOOKS FOR REFERENCE)

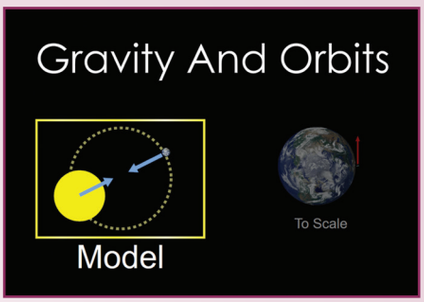
1. Mechanics by Charles Kittel, Walter Knight, Malvin Ruderman, Carl Helmholtz and Moyer
2. Newtonian Mechanics by A.P. French
3. Introduction to Mechanics by Daniel Kepler and Robert Kolenkow
4. Mechanics by Somnath Datta
5. Concepts of Physics volume 1 and Volume 2 by H.C. Verma
6. Physics for Scientist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

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 47 17-03-2023 14:57:21

అంతర్జాల కృత్యము

గురుత్వాకర్షణ

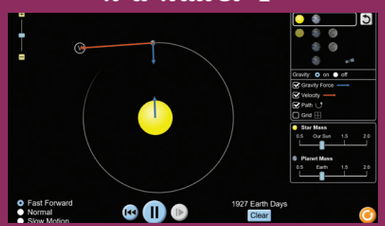
గురుత్వాకర్షణ బలము మరియు భ్రమణ కక్ష్యలు గూర్చి తెలుసుకొందామా?



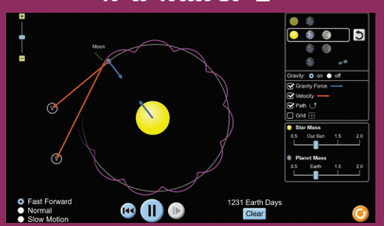
సోపానములు:

- క్రింది URL నుపయోగించి అంతర్జాల కృత్యము పేజీకి వెళ్ళుము. Model ను క్లిక్ చేసి కృత్యమును ప్రారంభించుము.
- కృత్యములో సూర్యుడు మరియు భూమి పటములు ఇవ్వబడియుండును. play బటన్‌ను నొక్కి భూచలనాన్ని చూడుము.
- కుడివైపు window లో వున్న వస్తువుల వ్యవస్థ నుండి కావలసిన వస్తువులను క్లిక్ చేయుము.
- భూ గురుత్వాకర్షణ కక్ష్య దిశావేగము, వస్తువుల చలనము చూడవచ్చును. ఇవ్వబడిన పెట్టెలో తగిన వాటిని సరిచూడుము.

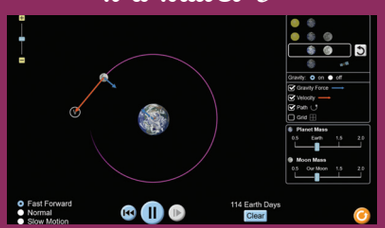
సోపానములు 1



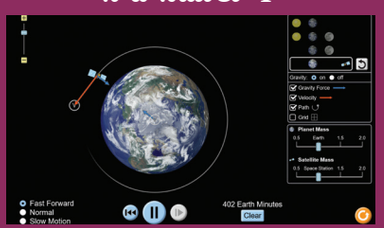
సోపానములు 2



సోపానములు 3



సోపానములు 4



URL:

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

* పటములు సూచన కొరకు మాత్రమే

* కావలసినట్లైతే **Flash Player** or **Java Script** ను అనుమతించవలెను.

11th Physics Vol-2 Chapter-6 Telugu Medium.indd 48 17-03-2023 14:57:24

అధ్యాయము

7

పదార్థముల ధర్మములు

PROPERTIES OF MATTER

ప్రపంచ ఆవిర్భావము నుండి ఇప్పటి వరకు నూతన ఆవిష్కరణల పురోగతి, పదార్థము స్వభావము గూర్చిన జ్ఞానము. మానవ జాతికి ఉపయోగపడే రీతిలో మార్పు చెందే ఒక ప్రేరణాత్మకంగా ఉన్నవి.

– "లార్డ్‌కెల్విన్"

అభ్యసనా లక్ష్యములు

ఈ పాఠ్యాంశములో విద్యార్థులు నేర్చుకోగల అంశాలు

- పదార్థములలో పరమాణువుల మధ్య (లేదా) అణువుల మధ్య గల బలాలు.
- ప్రతిబలం, వికృతి మరియు స్థితిస్థాపక గుణకం.
- తలతన్యత (surface tension)
- స్నిగ్ధత (viscosity)
- ప్రవాహిల స్వభావము మరియు వాటి అనువర్తనాలు.

FKYAG

7.1 పరిచయము (INTRODUCTION)

ప్రపంచములోని పురాతన ఆనకట్టలలో ఒకటి "తిరుచ్చి" నగరం సమీపములో కట్టబడిన "కల్లనై" **(Kallanai)** అగును. ఇది కావేరి నదికి అడ్డముగా సాగు నీటి పారుదల కొరకు నిర్మించబడినది. కావేరి నదిలో ఏర్పడే వరదలను తట్టుకోగలిగే విధంగా క్రీ.శ. 2వ శతాబ్దములో నిర్మించబడిన ఈ ఆనకట్ట యొక్క ధృడత్వము మరియు మన్నిక తమిళుల వైజ్ఞానిక పరిజ్ఞానమును వెలిబుచ్చుచున్నది. పూర్వకాలానికి చెందిన వైజ్ఞానిక కట్టడాలకు మరో నిదర్శనము ఈజిప్టు పిరమిడ్లు అగును. ప్రస్తుత కాలంలో ప్రపంచమంతటా అనేకమైన వంతెనలు ఉన్నవి. వీటిపై భారీ వాహనాల రాకపోకలు జరుగుచున్నవి. వీటి నిర్మాణములో సరియైన పదార్థములను క్రమ పద్ధతిలో ఉపయోగించని ఎడల వంతెనలు పటిష్టముగా ఉండవు. కావున పదార్థముల పలు స్థితులు (ఘన, ద్రవ మరియు వాయువులు) గూర్చిన జ్ఞానము మానవ నాగరికత అభివృద్ధిలో ఎంతగానో దోహదపడుచున్నవి.



కల్లనై (Kallanai)

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 49 17-03-2023 15:00:53

పదార్థ స్వభావములను గూర్చి తెలుసుకోవడం అనునది ఒక ప్రత్యేక అనువర్తనమునకు ఎటువంటి వస్తువులను ఎంపిక చేయుటలో ఆవశ్యకమైయున్నది. ఉదాహరణకు సాంకేతికతలో అంతరిక్ష పరిశోధనందు ఉపయోగపడు వస్తువులు బరువు తక్కువగాను, ధృడముగాను ఉండాలి. కృత్రిమ మానవ అవయవ మార్పుతో ఉపయోగించు వస్తువులు కణజాలముతో అన్వయించినదిగా ఉండాలి. వైద్య రంగములలో రేడియో థెరపీ ద్వారా కణజాలమునకు బదులుగా కృత్రిమ శరీర ద్రవ్యాలు ఉపయోగించుటకు అవి కొన్ని ధర్మములను కలిగి ఉండాలి. ఇటువంటి ప్రత్యేక స్వభావము పదార్థముల లోపల అంతర్గతముగా జరుగు సూక్ష్మక్రియల ద్వారా తీర్మానించబడుచున్నది. ఈ పాఠ్యాంశము ఘన మరియు ప్రవాహిల స్వభావములను మరియు పదార్థముల క్రియాశీలతను నిర్వర్తించు విధములను గూర్చి వివరించుచున్నది.

7.2 పదార్థముల వివిధ స్థితుల యొక్క సూక్ష్మ అవగాహనము (MICROSCOPIC UNDERSTANDING OF VARIOUS STATES OF MATTER)

పదార్థముల వివిధ ఆకృతులైన ఘన (ఆహారము), ద్రవ (త్రాగు నీరు) మరియు వాయువు (గాలి) మొదలగునవి మన జీవన విధానములో బాగా పరిచయమైనది. అయినప్పటికీ ఘన పదార్థము, ద్రవ పదార్థము మరియు వాయు పదార్థముల గూర్చిన అవగాహన 20 వ శతాబ్దములోనే ఏర్పరచబడినది. విశ్వములోని ప్రతి పదార్థము పరమాణువులతో నిర్మితమైంది. అట్లయినచో ఒకే పదార్థము పై మూడు స్థితులలో గోచరించుటకు కారణమేమి?

ఉదాహరణ: "నీరు అనునది ఘన స్థితిలో మంచు గడ్డగా ద్రవ స్థితిలో నీరుగా మరియు వాయు స్థితిలో నీటి ఆవిరిగా మూడు స్థితులో గోచరించుచున్నవి.

పై మూడు పదార్థాలు (మంచుగడ్డ, నీరు, నీటి ఆవిరి) ఒకే విధమైన నీరు అనే పరమాణువులచే నిర్మించబడినది. అనగా రెండు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు మరియు ఒక ఆక్సిజన్ పరమాణువు కలిగి ఒక నీటి అణువుగా ఏర్పడుచున్నది. ఇల్లాంటి ప్రకృతి స్వరూపాన్ని సూక్ష్మరీతిలో శోధించుటకు భౌతిక శాస్త్రము మనకు తోడ్పడుచున్నది. అనేక పరమాణువులు లేదా అణువులు మధ్యగల దూరము ఆధారంగా అది ఘన, ద్రవ లేదా వాయు అను ఏ స్థితిలో ఉన్నదని తీర్మానించవచ్చును.

ఘన పదార్థములు (Solids)

ఘన పదార్థములలో అణువులు లేక పరమాణువులు బిగుతుగా ఇమిడి ఉంటాయి. ఘన పదార్థములను రూపొందించినపుడు అణువులు పలు రకాలైన బంధములు ఒకటిగా బంధించబడి ఉంటాయి.

అణువుల మధ్య ఉన్న దూరము కారణంగా అవి ఒక నిర్ణీత అంతర పరమాణు దూరంలో తమకు తాముగా ఒక స్థితిని పొందియుండును. బంధించబడిన స్థితిలో ఉన్న అణువుల ఈ స్థాయిని (స్థితి) అణువుల "సమతాస్థితి" అందురు.

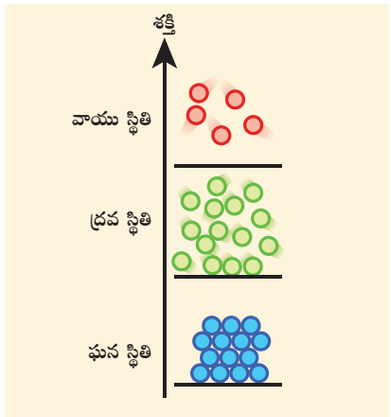
ద్రవములు (Liquids)

ఘన పదార్థములకు ఉష్ణము లాంటి బాహ్య బలాన్ని కల్గించినపుడు పరమాణువుల మధ్యనున్న బంధము కారణముగా అవి అదే ఘన పదార్థ స్థితిలోనే ఉండును. వేడి చేసినచో ద్రవంలో ఉన్న పరమాణువులు ఉష్ణశక్తిని పొంది వాటి యొక్క సమతాస్థితి ఆధారంగా కంపనము చెందుతున్నది. ఘన పదార్థము అనునవి దాని మరుగు స్థాయికి పైబడి వేడి చేసినచో, ఉష్ణశక్తి పరమాణువులలో బంధనాన్ని ఛేదించి మరియు చివరిగా పరమాణువులు కావలసిన శక్తిని పొంది భ్రమణం చెందుతాయి. ఈ స్థితిలోను పరమాణువులు (లేక) అణువుల మధ్య ఉన్న బలాలు ముఖ్యమైనదిగా పరిగణించబడును. అయితే అణువులు కావలసిన శక్తిని గ్రహించుకొని చలించుటచే దీని రూపము చలించునట్టిదిగా అవుచున్నది.

వాయువులు (Gases)

ఒక ద్రవము అనునది స్థిర పీడనములో దాని మరుగు స్థానానికి వేడి చేసినచో (లేక) ఒక స్థిర ఉష్ణోగ్రతలో దాని పీడనమును తగ్గించినచో అది వాయువుగా మారును. ద్రవము వాయువుగా మారు ఈ ప్రక్రియనే "బాష్పీభవనము" అని అందురు. వాయు అణువులు చాలా బలహీనంగా బంధించబడియుండును. లేక బంధమును కలిగి ఉండవు. కాబట్టి వాయువు అనునది అది ఆక్రమించియున్న పాత్ర రూపానికి వ్యాపించి పాత్రనంతటకు ఆవరించును. ఘన పదార్థము నుండి ద్రవ స్థితికి మరియు ద్రవ పదార్థము నుండి వాయు స్థితికి బాహ్య శక్తి మార్పుతో స్థితి మార్పు కలుగుట ఇది పటము 7.1 లో చూపబడియున్నది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 50 17-03-2023 15:00:53



పటము 7.1 ఘన పదార్థము నుండి ద్రవ స్థితికి ద్రవ పదార్థము నుండి వాయు స్థితికి బాహ్య శక్తి మార్పుతో స్థితి మార్పు చెందుట.

మీకు తెలుసా?

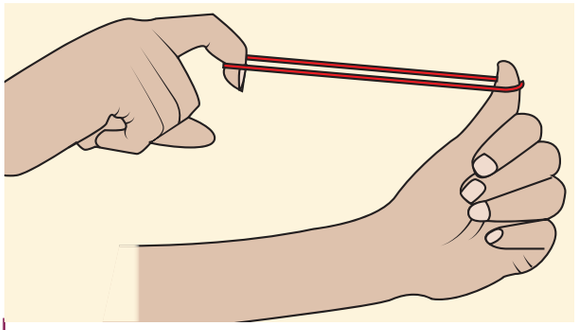
పదార్థముల భౌతిక స్థితులు (ఘన, ద్రవ మరియు వాయువు) కలిసి అధిక ఉష్ణము అధిక పీడనము గల పరిస్థితిలో పదార్థము ప్లాస్మా అను స్థితిలోను బోస్ ఐన్‌స్టీన్ వాయు గుణము గల స్థితిలోను ఉండును. దీనితో పాటు క్వార్క్ గ్లూవాన్ ప్లాస్మా వంటి ఇతర స్థితులు కూడా సాధ్యమేనని నమ్మబడుచున్నది. విశ్వంలో ఉన్న పదార్థము యొక్క అధిక భాగము ఉష్ణ ప్లాస్మాగాను, సాంద్రతయుత నక్షత్రాలుగా ఉన్నది.

భాగము ఒకటి నందు న్యూటన్ యాంత్రిక శాస్త్రం అభ్యసించునపుడు వస్తువులను బిందు ద్రవ్యరాశిగాను లేదా ఏకరీతి ఘన పదార్థములుగాను (అనేక బిందు ద్రవ్యరాశుల కలయిక) మనము ఊహించుకుందాము. ఈ రెండు కూడా ఆదర్శ నమూనాలే! ఘన పదార్థము నందు పదార్థముల రూపములో ఏర్పడు మార్పులు అత్యల్పము కనుక వాటిని ఉపేక్షించవచ్చు. వాస్తవ పదార్థంలో వస్తువుపై కొంత బలమును కలిగించునపుడు దాని వలన వస్తువులలో కొంత విరూపనము (deformation) కలుగుతుంది. ఈ విధంగా విరూపన బలాన్ని పదార్థముపై అనువర్తించునపుడు పదార్థ స్వభావం ఎలా మార్పు చెందునని తెలుసుకొనుట అత్యంత ముఖ్యం.

7.2.1 పదార్థముల స్థితిస్థాపక స్వభావం (Elastic behaviour of materials)

ఒక ఘన పదార్థంలో పరమాణువుల మధ్య గల బలము రెండు లేక అంతకంటే ఎక్కువ పరమాణువులను ఒకటిగా బంధించియున్నది. మరియు పరమాణువులు స్థిర సమతాస్థితి గల స్థలము నందు ఉండును. వస్తువుపై విరూపణ బలం అనువర్తించునపుడు వాటి పరమాణువులు దూరంగా నెట్టబడడమో లేక దగ్గరకు లాగబడడమో జరుగుతుంది. ఈ విరూపణ బలం లేనపుడు పరమాణువుల మధ్య గల ఆకర్షణ లేదా వికర్షణ బలము పరమాణువులను మరలా వాటి సమతాస్థితికి తెచ్చును. ఒక వస్తువు తనపై కలిగించిన విరూపణ బలాన్ని తొలగించిన తరువాత అది తన వాస్తవ ఆకారము, పరిమాణమును తిరిగి పొందితే దానిని స్థితిస్థాపకత (Elasticity) అని అందురు.

ఒక వస్తువు యొక్క ఆకారము లేదా పరిమాణాన్ని మార్చే బలాన్ని "విరూపణ బలం" అని అందురు
ఉదాహరణ: రబ్బరు, లోహములు, ఉక్కు తీగలు.



పటము 7.2 స్థితిస్థాపకత

ప్లాస్టిసిటీ:

ఒక వస్తువుపై కలిగించిన విరూపణ బలాన్ని తొలగించిన తర్వాత ఆ వస్తువు తన వాస్తవ రూపము లేదా పరిమాణమును తిరిగి పొందిలేనిచో ఆ వస్తువుని. ప్లాస్టిక్ వస్తువు అని ఆ ధర్మాన్ని ప్లాస్టిసిటి అని అందురు.

ఉదాహరణ: గాజు

7.2.2 ప్రతిబలం మరియు వికృతి (Stress and strain)

(అ) ప్రతిబలం (Stress)

ఒక వస్తువుపై కొంత బలాన్ని కలిగించినపుడు అందులోని పరమాణు లేదా అణువుల యొక్క సాపేక్ష స్థితులలో కలుగు మార్పు వలన వాటి పరిమాణం లేదా ఆకారము లేదా రెండింటిలోనూ మార్పు కలుగుతుంది. విరూపణము మన కంటికి నేరుగా కనబడక పోయినను అది పదార్థములో

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 51 17-03-2023 15:00:53

ఏర్పడుతుంది. అనగా వస్తువు ఇటువంటి విరూపణ బలమునకు లోనైనపుడు అందులో ఒక అంతర్గత బలం ఉద్భవిస్తుంది. దీనినే పునరుద్ధరణ బలం (restortive force) అంటారు. ఏకాంక వైశాల్యముపై పనిచేయబడు బలమును ప్రతిబలం (stress) అంటారు

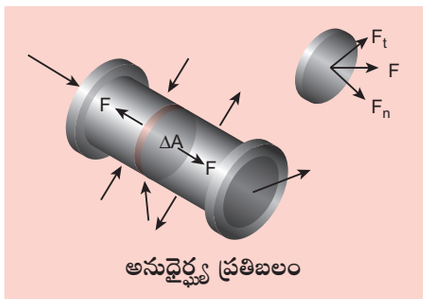
$$\text{ప్రతిబలం (Stress)}, \sigma = \frac{\text{బలం}}{\text{వైశాల్యం}} = \frac{F}{A} \qquad (7.1)$$

ప్రతిబలం యొక్క SI ప్రమాణం $N\,m^{-2}$ (లేక) పాస్కల్. దాని మితి సూత్రం $[ML^{-1}T^{-2}]$ ప్రతిబలం ఒక తన్యత మాపకం (tensor) అగును.

(i) అనుదైర్ఘ్య ప్రతిబలం మరియు విమోటన ప్రతిబలం:

పటము 7.3 చూపినట్లు ఒక వస్తువును ఊహించుకుందాం. వ్యవస్థ (వస్తువు) పై అనేక బలములు పనిచేసినపుడు ద్రవ్యరాశి కేంద్రము (ఐదవ అధ్యాయములో నిర్వచించబడినది) నిశ్చల స్థితిలో ఉంటుంది. అయినప్పటికీ ఈ బలముల వలన వస్తువు విరూపణము చెందును. తద్వారా వస్తువులో అంతర్గత బలం ఉత్పత్తి అవుతుంది. వస్తువు యొక్క అడ్డుకోత వైశాల్యం ΔA అనుకొందాం. ΔA కు ఇరువైపులా విరూపణ బలం కారణంగా గల వస్తు భాగములపై విరూపనము వలన ఏర్పడిన అంతర్గత బలములు $\vec{F}$ మరియు $-\vec{F}$ అవుతుంది. ఈ బలమును రెండు అంశములుగా విభజించవచ్చును. మొదటిది ΔA తలమునకు లంబముగా పని చేయుబలం F_n మరియు రెండవది ΔA తలమునకు స్పర్శ రేఖ దిశలో పనిచేయు బలం F_t. వైశాల్యంపై కలుగు సాధారణ ప్రతిబలం లేదా అనుదైర్ఘ్య ప్రతిబలంను (σ_n) క్రింది విధముగా నిర్వచించవచ్చును.

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



పటము 7.3 అనుదైర్ఘ్య ప్రతిబలం

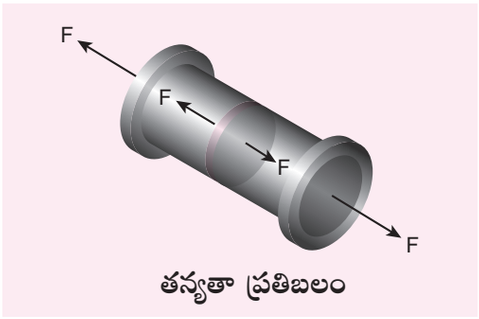
అదే విధంగా వైశాల్యం గుండా పనిచేయు స్పర్శీయ ప్రతిబలమును లేదా విమోటన ప్రతిబలంను క్రింది విధంగా నిర్వచించవచ్చు.

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

అనుదైర్ఘ్య ప్రతిబలంను మరలా రెండు రకములుగా తన్యతా ప్రతిబలం మరియు సంపీడన ప్రతిబలంగా వర్గీకరించిరి.

తన్యత ప్రతిబలం (Tensil stress)

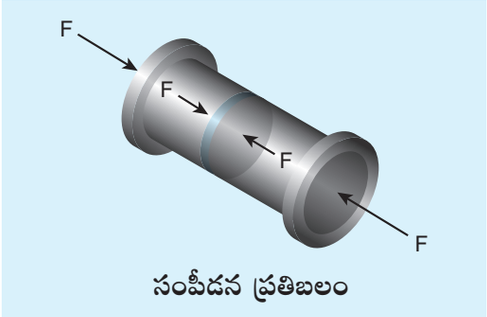
ΔAకు ఇరువైపులా అంతర్గత బలాలు ఒకదానికొకటి లాగుతుంది. అనగా అవి సమాన మరియు వ్యతిరేక బలాలతో లాగుతాయి. ఈ అనుదైర్ఘ్య ప్రతిబలంను తన్యతా ప్రతిబలంగా పిలువ వచ్చును.



పటము 7.4 తన్యతా ప్రతిబలం

సంపీడన ప్రతిబలం (Compressive stress)

ΔA కు ఇరువైపులా పని చేయు బలాలు ఒకదానికొకటి నెట్టినపుడు అనగా ΔA యొక్క రెండు కొనల వద్ద సమాన వ్యతిరేక బలాలు లోపలికి నెట్టుతాయి. ఈ సందర్భములో ΔA సంపీడనం చెందుతుంది. ఇక్కడ ఈ అనుదైర్ఘ్య ప్రతిబలమును సంపీడన ప్రతిబలం అంటారు.



పటము 7.5 సంపీడన ప్రతిబలం

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 52 17-03-2023 15:00:54

(ii) ఘనపరిమాణ స్థూల ప్రతిబలం (Volume stress)

ఒక వస్తువులోని తలములో గల అన్ని ప్రదేశాలలోను తలమునకు అభిలంబముగా బలములు పనిచేసినపుడు ఉపరితలము వద్ద బలము యొక్క పరిమాణము ఆ తలమునకు అనులోమానుపాతములో ఉండును. ఏదేని సందర్భములో ఒక ఘన పదార్థం ద్రవ పదార్థంలో మునిగియున్నప్పుడు ఆ ఘన పదార్థముపై పనిచేయు పీడనము P అయితే ΔA వైశాల్యం పై పని చేయుబలం $F = P\,\Delta A$ అవుతుంది. ఇక్కడ F అనునది వైశాల్యంనకు లంబంగా పనిచేయును. ఈ విధంగా ప్రమాణ వైశాల్యం నందు గల బలమును ఘనపరిమాణ ప్రతిబలం అంటారు.

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

ఇది పీడనముకు సమానంగా ఉంటుంది.

(ఆ) వికృతి (Strain:)

ఒక వస్తువుపై బలాన్ని కలిగించునపుడు అది ఎంత సాగదీయపడుతుందో లేదా విరూపణమునకు గురి అవుతుందో అనే అంశమును వికృతి కొలుస్తుంది. వస్తువు యొక్క పరిమాణంలో కలుగు సూక్ష్మ మార్పులను అధ్యయనం చేయుటకు వికృతి ఉపయోగపడుతుంది. అనగా ఇది విరూపణము యొక్క విలువను అంచనా వేస్తుంది.

ఉదాహరణ: ఒక ఏకమితి కడ్డీ యొక్క పొడవు L అనుకొంటే దానిని సాగదీసినపుడు దాని పొడవులోని మార్పు ΔL అయితే వికృతిని క్రింది విధంగా లెక్కిస్తారు.

$$\text{వికృతి, } \varepsilon = \frac{\text{పరిమాణములో మార్పు}}{\text{నిజ పరిమాణం}} = \frac{\Delta L}{L} \qquad (7.2)$$

ఇందులో ε అనునది ఒక మితి రహిత రాశి మరియు దీనికి ప్రమాణం లేదు.

వికృతిని మూడు రకాలుగా వర్గీకరించిరి.

(1) అనుదైర్ఘ్య వికృతి (Longitudinal strain)

L పొడవు గల ఒక కడ్డీని సమానమైన వ్యతిరేక బలాలతో లాగినపుడు ఏర్పడు అనుదైర్ఘ్య వికృతిని క్రింది విధంగా నిర్వచించవచ్చును.

$$\varepsilon_l = \frac{\textbf{కడ్డీ పొడవులో పెరుగుదల}}{\textbf{కడ్డీ యొక్క వాస్తవ పొడవు}} = \frac{\Delta L}{L} \qquad (7.3)$$

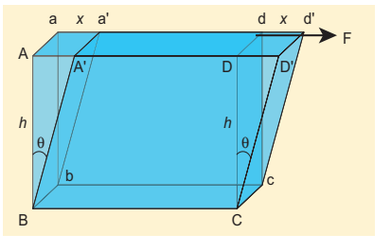
అనుదైర్ఘ్య వికృతిని మరలా రెండు రకాలుగా వర్గీకరించిరి.

(i) తన్యతా వికృతి (Tensile strain): వస్తువు యొక్క పొడవు దాని సహజ పొడవు నుండి పెరిగినట్లయితే దానిని తన్యత వికృతి అందురు.

(ii) సంపీడన వికృతి (Compressive strain): వస్తువు యొక్క పొడవు దాని సహజ పొడవు నుండి తగ్గినట్లయితే దానిని సంపీడన వికృతి అని అందురు.

(2) విమోటన వికృతి (Shearing strain)

పటము 7.6 లో చూపినట్లు ఒక ఘనాకార వస్తువును పరిగణించండి. ఈ వస్తువు స్థానభ్రంశము మరియు భ్రమణ సమతాస్థితిలో ఉన్నట్లు ఊహిస్తాం. ఇప్పుడు ఒక స్పర్శీయ బలం F ను AD దిశలో అనువర్తించినపుడు విమోటన వికృతి (ε_s) విలువ క్రింద ఇవ్వబడినట్లు ఉంటుంది.



పటము 7.6 విమోటన వికృతి

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

అత్యల్ప కోణం విలువకు $\tan\theta \approx \theta$ అవుతుంది. కావున విమోటన వికృతి లేదా విమోటనము.

$\varepsilon_s = \frac{x}{h} = \theta =$ విమోటన కోణం అవుతుంది.

3. ఘనపరిమాణ వికృతి (Volume strain)

ఒక వస్తువును దాని ఘనపరిమాణం పరంగా ఒత్తిడికి గురిచేసినపుడు దాని ఘనపరిమాణంలో మార్పు కలుగుతుంది. వస్తువును ఒత్తిడికి గురి చేయుటకు మునుపు దాని ప్రారంభ ఘనపరిమాణం V అనుకుందాము. దానిని ఒత్తిడికి గురి చేసిన తరువాత తుది ఘనపరిమాణం $V + \Delta V$ గా తీసుకుందాం. అపుడు ఘనపరిమాణంలో ఏర్పడిన సూక్ష్మ మార్పులను కొలిచే ఘనపరిమాణ వికృతిని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

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

స్థితిస్థాపక హద్దు (Elastic Limit)

ఒక వస్తువుపై కలిగించిన ఒత్తిడిని తొలగించిన తర్వాత అది తన వాస్తవ పరిమాణము మరియు

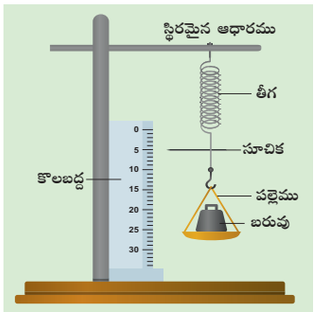
11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 53 17-03-2023 15:00:55

ఆకారమును మరల పొందుటకు వీలైన గరిష్ఠ ప్రతిబలమును స్థితిస్థాపక హద్దు అంటారు. విరూపణ బలము స్థితిస్థాపక హద్దుకు మించి కలిగిస్తే వస్తువు శాశ్వత విరూపనము పొందుతుంది.

ఉదాహరణ: ఒక రబ్బరు బ్యాండును దాని స్థితిస్థాపక హద్దుకు మీరి లాగినపుడు అది తన స్థితిస్థాపకత కోల్పోతుంది. దీని వలన వస్తువు పరిమాణంలో మార్పు కలిగి అది మరల ఉపయోగించుటకు వీలుకాని విధంగా ఉంటుంది.

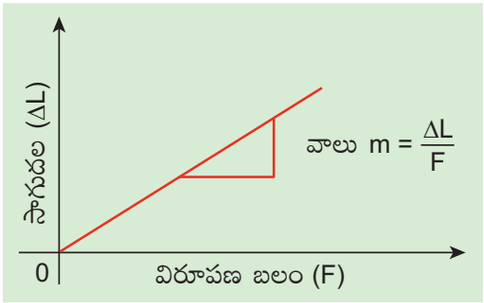
7.2.3 హుక్ నియమము మరియు దానిని ప్రయోగాత్మకంగా సరిచూడడం (HOOKE'S LAW AND ITS EXPERIMENTAL VERIFICATION)

స్థితిస్థాపక అవధిలోపల తక్కువ విరూపణము కలిగించినపుడు వస్తువులోని వికృతి అది ఏర్పరిచిన ప్రతిబలానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. దీనినే హుక్ నియమము అంటారు. దీనిని ఒక సన్నని తీగను సాగదీయడం ద్వారా నిరూపించవచ్చును. (స్ప్రింగ్ సాగుదల వలె) పొడవు L మరియు మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం A గల తీగను ఒక ఆధార బిందువు O నుండి వ్రేలాడదీయబడినది. పటము (7.7) (అ) లో చూపిన విధంగా తీగ మరొక కొనకు ఒక పల్లెము మరియు సూచికను బిగించవలెను.



పటము 7.7 (అ) హుక్ నియమమును ప్రయోగాత్మకంగా సరిచూడడం.

తీగలో ఏర్పడిన సాగుదలను వెర్నియర్ స్కేల్ ద్వారా కొలువవచ్చును. ప్రయోగము నుండి ఇవ్వబడిన F అనే భారమునకు తీగలో కలుగు సాగుదల ΔL అనునది దాని ఆరంభ పొడవు L కు అనులోమానుపాతంలోను దాని మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం A కు విలోమానుపాతములోను ఉన్నది. F ను X అక్షములోను ΔL ను Y- అక్షములోను తీసుకొని ఒక రేఖా చిత్రము గీయబడినది. అది పటము (7.7) (ఆ) లో చూపిన విధంగా ఆది బిందువు ద్వారా పోవు ఒక సరళ రేఖ అగును.



పటము 7.7 (ఆ) F ఆధారంగా ΔL లో మార్పు

కావున,

$$\Delta L = (\text{వాలు})F$$

ఘనపరిమాణము $V = A\,L$ తో గుణించి భాగించగా

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

మార్చగా మనము పొందునది

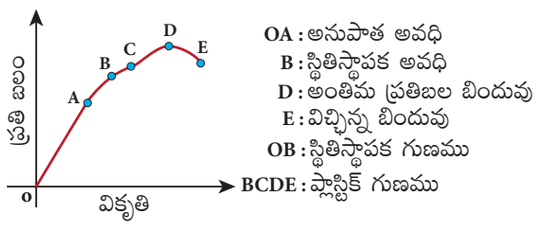
$$\frac{F}{A} = \left(\frac{L}{(\text{A})\ \text{వాలు}}\right)\frac{\Delta L}{L}$$

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

సమీకరణం (7.1) మరియు (7.2) పోల్చగా మనము పొందునది $\sigma \propto \varepsilon$. అంటే స్థితిస్థాపక అవధి లోపల వికృతి ప్రతిబలానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

ప్రతిబలం – వికృతి మధ్య వివరణ పటము:

ప్రతిబలం – వికృతి వివరణ పటం అనునది వేర్వేరు బరువులకు దాని వికృతి మరియు ప్రతిబలంను కొలిచి వికృతిని X- అక్షంలోను ప్రతిబలంను Y- అక్షంలోను తీసుకొని గీయబడిన ఒక రేఖా చిత్రము అగును. పదార్థముల యొక్క స్థితిస్థాపకతలను వికృతి మరియు ప్రతిబలం వివరణ పటము నుంచి విశ్లేషణ చేయవచ్చును.



పటము 7.8 వికృతి – ప్రతిబలం వివరణ పటము

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 54 17-03-2023 15:00:56

(అ) భాగము OA

ఈ ప్రాంతములో వికృతి అనునది ప్రతిబలంనకు అనులోమానుపాతంలో ఉండే విధంగా ప్రతిబలం అనునది చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. అంటే హుక్ నియమమును అనుసరించబడుచున్నది. బిందువు A ను అనుపాత అవధి అంటారు. OA రేఖ వాలు తీగ యొక్క యంగ్ గుణకము అగును.

(ఆ) భాగము AB:

ప్రతిబలము అనునది అతి తక్కువ పరిమాణంలో పెంచబడితే ఈ ప్రాంతము పొందబడును. ఈ ప్రాంతములో ప్రతిబలము అనునది వికృతికి అనులోమానుపాతంలో ఉండదు. అయితే విరూపణ బలమును తొలగించితే తీగ దాని వాస్తవ పొడవును పొందును. ఈ ధర్మము B బిందువు వద్ద అంతం అగును. కావున B బిందువును ఫలిత బిందువు (స్థితిస్థాపక అవధి) అని అందురు. ప్రతిబలం వికృతి రేఖాచిత్రంలో OAB అనునది వస్తువు (తీగ) యొక్క స్థితిస్థాపక ప్రవర్తనను తెలుపుతుంది.

(ఇ) భాగము BC:

తీగ B (స్థితిస్థాపక అవధి) బిందువు కంటే ఎక్కువగా సాగదీయబడితే ప్రతిబలం ఎక్కువగును మరియు తీగపై వికృతి బలమును తొలగించినపుడు అది తన వాస్తవ పొడవును మరలా పొందదు.

(ఈ) భాగము CD:

ప్రతిబలము C కంటే ఎక్కువగా పెంచితే వికృతి చాలా వేగంగా పెరిగి D బిందువును చేరును. D తరువాత తీగకు ఎటువంటి భారమును చేర్చకుండానే అది సాగదీయబడతూ బిందువు E వద్ద విచ్ఛిన్నము అగును. ఏ గరిష్ఠ ప్రతిబలం (ఇక్కడ D) తరువాత తీగ విచ్ఛిన్నము చెందునో ఆ ప్రతిబలమును విచ్ఛిన్న ప్రతిబలము లేదా వికృతి బలము అందురు. ఆ బిందువు (D) ను విచ్ఛిన్న బిందువు అందురు. BCDE భాగము తీగ వస్తువు యొక్క స్థితిస్థాపక రహిత ధర్మమును గుర్తిస్తుంది.

7.2.4 స్థితిస్థాపక గుణకములు (Moduli of elasticity)

హుక్ నియమము నుండి,

ప్రతిబలం $\propto$ వికృతి

ప్రతిబలం / వికృతి = స్థిరాంకము.

దీనినే స్థితిస్థాపక గుణకం అంటారు. దీని SI ప్రమాణము Nm^{-2} లేదా పాస్కల్. దీని మితి సూత్రము $[ML^{-1}T^{-2}]$

ఈ పాఠ్య విభాగములో మనము ఇవ్వబడిన వస్తువు యొక్క స్థితిస్థాపక గుణకమును నిర్వచించవచ్చును. స్థితిస్థాపక గుణకములు మూడు రకములు.

(అ) యంగ్ గుణకము

(ఆ) స్థూల గుణకము (లేదా) ఘనపరిమాణ గుణకం

(ఇ) దృఢతా గుణకం (లేదా) విమోటన గుణకం

యంగ్ గుణకము (Young's modulus)

ఒక తీగను సంపీడన పరచిన లేదా సాగదీసిన తన్యత బలము (సంపీడన ప్రతిబలం) మరియు తన్యతా వికృతిల (లేదా సంపీడన వికృతి) మధ్య నిష్పత్తిని యంగ్ గుణకము అందురు.

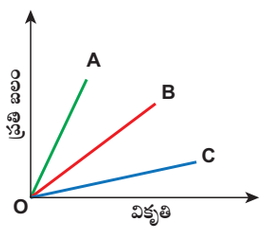
ఒక వస్తువు యొక్క యంగ్ గుణకము

$$= \frac{\text{తన్యత ప్రతిబలం లేదా సంపీడన ప్రతిబలం}}{\text{తన్యత వికృతి లేదా సంపీడన వికృతి}}$$

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

ఉదాహరణ 7.1

స్థితిస్థాపక అవధి లోపల ప్రతిబలము వలన A, B మరియు C అనే తీగలలో ఉత్పన్నమగు అనుదైర్ఘ్య వికృతులు పటములో చూపబడినది. సమాన బరువులు కలిగించినపుడు తీగ వస్తువులోని స్థితిస్థాపక ధర్మములను చర్చించుము. మరియు స్థితిస్థాపక గుణకములను ఆరోహణ క్రమములో వ్రాయండి.



EDCFX

సాధన

ఇక్కడ స్థితిస్థాపక గుణకము యంగ్ గుణకము అగును. తీగను సాగదీయబడిన కారణంగా ప్రతిబలము తన్యత ప్రతిబలముగాను వికృతి తన్యత వికృతిగాను ఉంటుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 55 17-03-2023 15:00:57

స్థితిస్థాపక అవధి లోపల వికృతి ప్రతి బలానికి అనులోమాను పాతంలో ఉన్నది. (హుక్ నియమమును అనుసరించుచున్నది) కావున రేఖాచిత్రము ఒక సరళ రేఖగా ఉన్నది. సరళరేఖ వాలు ద్వారా యంగ్ గుణకమును గణించవచ్చును. సరళ రేఖా వాలును గణించగా A యొక్క వాలు > B యొక్క వాలు > C యొక్క వాలు. దీని మూలంగా C యొక్క యంగ్ గుణకము < B యొక్క యంగ్ గుణకము < A యొక్క యంగ్ గుణకము. ఇక్కడ వాలు ఎక్కువైతే వికృతి తక్కువ అగును. (పొడవులో అతి చిన్న మార్పు) కావున తీగ చాలా ధృడముగా ఉండును. కావున A తీగ యొక్క స్థితిస్థాపక ధర్మం తీగ B మరియు C స్థితిస్థాపక ధర్మముల కంటే అధికంగా ఉండును. ఈ ఉదాహరణము నుండి మనము తెలుసుకోవడము ఏమనగా ధృడ వస్తువు తన పొడవులో మార్పు ఏర్పడుటను నిరోధించు ధర్మమును యంగ్ గుణకము ద్వారా గణించవచ్చును.

ఉదాహరణ 7.2

10 m పొడవు గల ఒక తీగ యొక్క మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము 1.25×10^{-4} m^2 ను కలిగియున్నది. దానికి 5 kg ల బరువు వ్రేలాడదీయబడినది. పదార్థం యొక్క యంగ్ గుణకము 4×10^{10} N m^{-2} అయితే తీగలో సాగుదలను లెక్కించండి. ఇక్కడ $g = 10$ ms^{-2}.

సాధన

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

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

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

స్థూల గుణకము లేదా ఘనపరిమాణ గుణకము (Bulk modulus)

అనుపాత అవధి లోపల ఘనపరిమాణ ప్రతిబలమునకు ఘనపరిమాణ వికృతికి మధ్య గల నిష్పత్తిని స్థూల గుణకము అంటారు. ఘనపరిమాణ గుణకము (K)

$$\frac{\text{లంబ ప్రతిబలం (లేదా) పీడనము}}{\text{ఘనపరిమాణ వికృతి}}$$

లంబ ప్రతిబలము లేదా పీడనము

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

ఘనపరిమాణ వికృతి

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

కావున ఘనపరిమాణ గుణకం

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

సమీకరణం (7.7) లో ఋణ గుర్తు పీడనం పెరిగితే వస్తువు యొక్క ఘనపరిమాణం తగ్గుతుందని సూచిస్తుంది. మరియు సమీకరణం (7.7) నుండి ఒక వస్తువు యొక్క ఘనపరిమాణ గుణకం తక్కువగా ఉంటే దానిని సులభముగా సంపీడన చెందించవచ్చు లేదా ఘనపరిమాణ గుణకం అనునది ధృడ వస్తువుల యొక్క ఘనపరిమాణంలో మార్పును నిరోధించు కొలత అగును. ఉదాహరణకు వాయు పదార్థములను ఘన పదార్థాల కంటే సులభంగా సంపీడన పరచవచ్చును. దీని నుండి వాయు పదార్థముల యొక్క ఘనపరిమాణ గుణకము ఘన పదార్థ వస్తువుల కంటే తక్కువగా ఉండును.



సైకిల్ సులభముగా ప్రయాణించుటకు వెనుక వైపు టైరు ముందు వైపు టైరు కన్నా తక్కువ సంపీడ్యత కలిగియుండును.



సైకిల్ టైరుకు గాలిని నింపునపుడు దానికి తగినంత గాలి ఉన్నదా అని టైరును అదిమి చూస్తాం. వాస్తవంగా గాలి యొక్క సంపీడ్యతను పరిశీలిస్తాము. టైరు సులభంగా తిరుగుటకు తక్కువ సంపీడ్యత కలిగియుండవలెను.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 56 17-03-2023 15:00:58

సంపీడ్యత (Compressibility)

ఘనపరిమాణ గుణకం యొక్క విలోమాన్ని సంపీడ్యత అంటారు. ఏకాంక పీడన పెరుగుదలకు ఘనపరిమాణంలో ఏర్పడే అల్ప మార్పును సంపీడ్యతగా నిర్వచించవచ్చును.

సమీకరణం (7.7) నుండి సంపీడ్యత

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

వాయువులలో ఘన పరిమాణ గుణకం విలువ ఘన పదార్థం కంటే చాలా తక్కువగా కలిగియున్నందు వలన వాయువులకు సంపీడ్యత చాలా ఎక్కువ.

ఉదాహరణ 7.3

100 cm భుజము కలిగిన ఒక లోహ ఘనము వాటి అన్ని భుజములోను ఏకరీతిగా ఒక లంబ ప్రతిబలమునకు లోనగును. పీడనము 10^6 పాస్కల్ మరియు ఘనపరిమాణం $1.5\times10^{-5}\,m^3$ కు మార్పు చెందినచో ఆ ఘనము యొక్క పరిమాణ గుణకం లెక్కించండి.

సాధన

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

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

ధృడతా గుణకం (లేదా) విమోటన గుణకము:

విమోటన ప్రతి బలానికి మరియు విమోటన వికృతికి మధ్య గల నిష్పత్తినే విమోటన గుణకము అని నిర్వచిస్తారు.

$$\eta_R=\frac{\text{విమోటన ప్రతిబలం}}{\text{విమోటన కోణం లేదా విమోటన వికృతి}}$$

విమోటన ప్రతిబలం

$$\sigma_s=\frac{\text{స్పర్శ రేఖీయ బలం}}{\text{ఆ బలము కలిగించు వైశాల్యం}}=\frac{F_t}{\Delta A}$$

విమోటన కోణం లేదా విమోటన వికృతి

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

కావున ధృడతా గుణకము

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

ఇంకనూ (7.9) నుండి ఒక వస్తువు తక్కువ ధృడతా గుణకము కలిగియుంటే దానిని సులభముగా త్రిప్పవచ్చును. ఉదాహరణకు ఒక తీగను θ కోణంతో త్రిప్పినపుడు అది పునఃస్థాపక బలభ్రామకము (τ) పొందును. అనగా $\tau \propto \theta$. పునఃస్థాపక బలభ్రామకము ఎక్కువైతే తీగను అధిక కోణమునకు త్రిప్పి వేయవచ్చును. (విమోటన కోణం θ అధికం) విమోటన గుణకం అనునది విమోటన కోణమునకు విలోమానుపాతంలో ఉండడం వల్ల విమోటన గుణకం తక్కువ విలువగా ఉండును. పూర్తి వివరణ కొరకు కొన్ని ముఖ్యమైన పదార్థముల స్థితిస్థాపక గుణకములను పట్టిక 7.1 ఇవ్వబడినది.

పట్టిక 7.1 కొన్ని పదార్థముల స్థితిస్థాపక గుణకములు

పదార్థము	యంగ్ గుణకము (Y) (10^{10}N m^{-2})	ఘనపరిమాణ గుణకం (K) (10^{10} N m^{-2})	విమోటన గుణకం (η_R) (10^{10} N m^{-2})
ఉక్కు	20.0	15.8	8.0
అల్యూమినియం	7.0	7.0	2.5
రాగి	12.0	12.0	4.0
ఇనుము	19.0	10	6.4
గాజు	7.0	3.6	2.6

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 57 17-03-2023 15:01:00

ఉదాహరణ 7.4

0.20 m భుజము కలిగిన ఒక లోహపు ఘనము 4000 N విమోటన బలమునకు లోనై ఉంటుంది. అందువలన క్రింది తలము ఆధారంగా పై తలము 0.50 cm స్థానభ్రంశము చెందినట్లయితే లోహము యొక్క విమోటన గుణకము లెక్కించండి.

సాధన

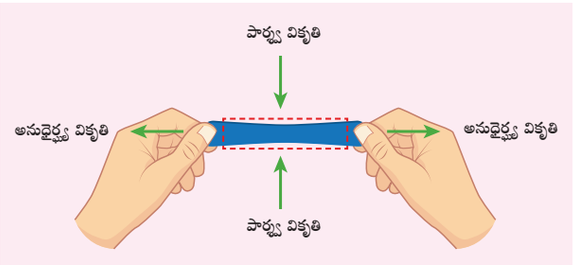
ఇక్కడ, L = 0.20 m, F = 4000 N, x = 0.50 cm

లేదా

x = 0.005 m మరియు వైశాల్యం $A = L^2 = 0.04\,m^2$ కావున,

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

7.2.5 పాయిజాన్ నిష్పత్తి (Poisson's ratio)



పటము 7.9 పార్శ్వ వికృతి మరియు అనుదైర్ఘ్య వికృతి

మనము ఒక తీగను సాగ తీసినపుడు దాని యొక్క పొడవు ఎక్కువ అవుతుంది. (సాగుదల వలన) కాని దాని యొక్క వ్యాసము తగ్గుచున్నది. (సంకోచం వలన) అదే విధంగా ఒక రబ్బరు పట్టను సాగదీసినట్లైతే (సాగుదల వలన) అది సన్నగా అవుతుంది. (సంకోచం వలన) అనగా వస్తువు పై ఒక దిశలో ఏర్పరచిన విరూపణము మరొక దిశలో విరూపణాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. దీనిని గణించడానికి ఫ్రెంచ్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త S.D. పాయిజాన్ ఒక నిష్పత్తిని ప్రతిపాదించాడు. దీనిని పాయిజాన్ నిష్పత్తి అని పిలుస్తారు.

ఇది సాపేక్ష సంకోచానికి (పార్శ్వ వికృతి) మరియు సాపేక్ష సాగుదలకు (అనుదైర్ఘ్య వికృతి) మధ్య గల నిష్పత్తి అని నిర్వచించబడుచున్నది. దీనిని μ తో సూచిస్తారు

$$\text{పాయిజాన్ నిష్పత్తి}, \mu = \frac{\text{పార్శ్వ వికృతి}}{\text{అనుదైర్ఘ్య వికృతి}} \qquad (7.10)$$

L పొడవు మరియు D వ్యాసము గల తీగను ఊహించుకుందాం. ప్రయోగించబడిన బలము వలన తీగ సాగదీయబడినపుడు పొడవులో పెరుగుదలను l అనియు వ్యాసములో తగ్గుదలను d అనియు అనుకుంటే

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

ఋణాత్మక గుర్తు పొడవు పెరుగుదలను పార్శ్వ సంకోచమును సూచించును. ఇది సమ మితి రాశుల మధ్య నిష్పత్తి అగును. కావున పాయిజాన్ నిష్పత్తికి ప్రమాణము లేదు మరియు మితి లేదు (మితి రహిత సంఖ్య). కొన్ని పదార్థాల పాయిజాన్ నిష్పత్తి విలువలు పట్టిక 7.2 లో ఇవ్వబడినది.

పట్టిక 7.2 లో కొన్ని పదార్థముల పాయిజాన్ నిష్పత్తి ఇవ్వబడినది

పదార్థం	పాయిజాన్ నిష్పత్తి
రబ్బరు	0.4999
బంగారం	0.42 -0.44
రాగి	0.33
త్రుప్పు పట్టిన ఉక్కు	0.30-0.31
ఉక్కు	0.27-0.30
పోత ఇనుము	0.21-0.26
కాంక్రీట్	0.1-0.2
గాజు	0.18-0.3
నురుగు	0.10-0.50
కార్క్	0.0

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 58 17-03-2023 15:01:01

7.2.6 స్థితిస్థాపక శక్తి (Elastic energy)

ఒక వస్తువును సాగదీసితే పున:స్థాపక బలం (అంతర్గత బలం) కు వ్యతిరేకంగా పని చేయబడుచున్నది. చేయబడిన పని వస్తువులలో స్థితిస్థాపక శక్తిగా నిల్వచేయబడుచున్నది.

L పొడవు మరియు A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం గల ఒక తీగను తీసుకొనుము. దీనిపై బలము ప్రయోగించడం వల్ల స్థితిస్థాపక అవధి లోపల తీగలో సాగుదల l మరియు ఎటువంటి శక్తి నష్టము లేదు అనుకొందాం. కావున F అనే బలము వల్ల జరిగిన పని తీగ పొందిన శక్తికి సమానం.

dl పొడవునకు తీగను సాగదీయడంలో జరిగిన పని

$dW = F\, dl$

0 నుండి l వరకు తీగను సాగదీయడానికి జరిగిన పని.

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

యంగ్ గుణకము నుండి,

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

సమీకరణం (7.12) ను సమీకరణం (7.11) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

దీనిలో l ఒక అవాస్తవ చలరాశి (dummy variable). కనుక సమాకలనంలో l ను l' కు మార్చవచ్చును. (అందువల్ల పరిమితిలో మార్పు లేదు). కావున

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

$$W = \frac{1}{2}Fl = \text{ స్థితిస్థాపక స్థితిజ శక్తి}$$

ప్రమాణ ఘనపరిమాణంలో గల శక్తిని శక్తి సాంద్రత అంటారు.

$$u = \frac{\text{స్థితిస్థాపక స్థితిజ శక్తి}}{\text{ఘనపరిమాణం}} = \frac{\frac{1}{2}Fl}{AL}$$

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

ఉదాహరణ 7.5

2 మీటర్లు పొడవు దాని మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం $10^{-6}\ m^2$ కలిగియున్న ఒక తీగకు 980 N బరువు వ్రేలాడదీయబడినది. అయితే i) తీగలోని ప్రతిబలంను ii) వికృతిని మరియు iii) నిల్వయుండు శక్తి గణించండి.

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

సాధన

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

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

(ప్రమాణము లేదు)

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

శక్తి $= \frac{1}{2}$ (ప్రతిబలం $\times$ వికృతి) $\times$ ఘనపరిమాణం

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

7.2.6 స్థితిస్థాపకత యొక్క అనువర్తనాలు (Applications of elasticity)

వస్తువుల యొక్క యాంత్రిక ధర్మము అనునది నిత్య జీవితంలో ముఖ్యపాత్ర వహిస్తుంది. వాటిలో ఒక ధర్మమైన స్థితిస్థాపకత అనునది భవనముల స్తంభములు మరియు భీముల నిర్మాణములో ముఖ్యపాత్ర వహిస్తున్నది.

భవన నిర్మాణమునకు సంబంధించినంత వరకు భవనము ఉత్పన్నము చేసే ఒత్తిడిని తట్టుకొను వికృతి పరిమాణము అతి ముఖ్య కారకము అగును. ఒక వంతెననను నిర్మించినపుడు దానిపై చలించే వాహనాల బరువు గాలి యొక్క బలం మరియు వంతెన బరువును, భరించునట్లు నిర్మించవలెను. వంతెనలు లేదా భవనముల దృఢత్వములో స్తంభముల యొక్క వక్రత లేదా స్థితిస్థాపకత ధర్మము చాలా ముఖ్యపాత్ర వహిస్తుంది. ఉదాహరణకు ఇవ్వబడిన బరువుకు తగునట్లు భీముల వక్రత తగ్గించుటకు అధిక యంగ్ గుణకము (Y) గల వస్తువులను ఉపయోగించవలెను. పట్టిక 7.1 నుండి ఉక్కు యొక్క యంగ్ గుణకము అల్యూమినియం లేదా రాగి కంటే ఎక్కువగా ఉన్నది అని మనకు తెలియుచున్నది. ఉక్కు తరువాత ఇనుము ఎక్కువ యంగ్ గుణకము కలిగియున్నది. కావున ఉక్కును భారీ యంత్రముల తయారీలోను, ఇనుమును భవనముల నిర్మాణములోను ఉపయోగించుటకు ఇదియే ముఖ్య కారణం అగును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 59 17-03-2023 15:01:04

మీకు తెలుసా?

ఏది ఎక్కువ స్థితిస్థాపక ధర్మము కలిగియున్నది? రబ్బరు లేదా ఉక్కు? వాస్తవంగా ఉక్కు ఎక్కువ స్థితిస్థాపక ధర్మము కలిగియున్నది. ఉక్కు మరియు రబ్బరు రెండింటి మీద సమానమైన ప్రతిబలం ఉపయోగించునపుడు ఉక్కు, తక్కువైన వికృతిని పొందును. కావున యంగ్ గుణకము రబ్బరు కన్నా ఉక్కునకు అధికం. యంగ్ స్థితిస్థాపక గుణకం ఏ వస్తువునకు ఎక్కువగా ఉంటుందో ఆ వస్తువు అధిక స్థితిస్థాపకం గల ధర్మమును కలిగి ఉన్నది. కావున ఉక్కు, రబ్బరు కన్నా ఎక్కువ స్థితిస్థాపక గుణకమును కలిగియున్నది.

7.3 ప్రవాహులు (FLUIDS)

7.3.1 పరిచయం (Introduction)

ప్రపంచములో అన్ని స్థలములలో ప్రవాహులు కనబడుచున్నవి. భూమి యొక్క ఉపరితలము మూడింట రెండు భాగములు నీరు మరియు మూడింట ఒక భాగం నేలను కలిగియున్నది. ఇది గాక భూమి అంతయు గాలిచే ఆవరించియున్నది. ఘన పదార్థముల నుండి ప్రవాహులు వేరుగా ఉంటాయి. ఘన పదార్థాల వలె ప్రవాహులకు ఒక నిర్ధిష్ట ఆకారము ఉండదు. ప్రవాహులలో 1. ద్రవము నిర్ధిష్ట ఘనపరిమాణము కలిగియుంటుంది. 2. వాయువు పాత్రలో పూర్తి ఘనపరిమాణము నింపి ఉండును.

ప్రవాహి యొక్క పీడనం:

ప్రవాహి అనేది ఒక బాహ్యబలం దానిపై ప్రయోగించినపుడు ప్రవహించుటకు ప్రారంభించే ఒక పదార్థం అగును. ఇది ప్రయోగించబడిన బలమునకు చాలా తక్కువ నిరోధాన్ని కలిగించును. ఈ బల ప్రభావము తక్కువైన వైశాల్యంలో ఎక్కువగాను ఎక్కువైన వైశాల్యంలో తక్కువగాను ఉంటుంది. ఈ ప్రత్యేకమైన భావన పీడనం అనే ఒక రాశిని నిర్ణయిస్తుంది.

ఒక వస్తువు నిశ్చల స్థితిలో ఉండు ఒక ప్రవాహిలో (నీరు) మునిగి ఉన్నది అని అనుకొందాం. ఈ స్థితిలో ప్రవాహి వస్తువుల ఉపరితలంలో ఒక బలమును కలిగించును. ఈ బలం ఎల్లప్పుడు వస్తువు తలమునకు లంబముగా ఉంటుంది. A అనే ఉపరితలములో పనిచేయు లంబ బల పరిమాణ విలువ F అయితే ఏకాంక వైశాల్యంలో పని చేయు బలమును పీడనం అని నిర్వచించవచ్చును.

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

పీడనం అనునది ఒక అదిశ రాశి అగును. దీనికి S.I. ప్రమాణం మరియు మితులు వరుసగా $N\,m^{-2}$ లేదా పాస్కల్ (Pa) మరియు $[ML^{-1}T^{-2}]$ అగును.

పీడనానికి మరొక సాధారణ ప్రమాణం atm గా గుర్తిస్తారు. ఇది సముద్ర మట్టంలో వాయు మండలం యొక్క పీడనం అని నిర్వచించబడుతుంది.

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

పీడనం తప్ప వేరొక రెండు ధర్మాలైన సాంద్రత మరియు సాపేక్ష సాంద్రత అనునవి ప్రవాహిల యొక్క స్వభావాన్ని వివరించడానికి ఉపయోగకరంగా ఉన్నది.

ప్రవాహి యొక్క సాంద్రత:

ఒక ప్రవాహి యొక్క సాంద్రత అనునది దాని యొక్క ఏకాంక ఘనపరిమాణము యొక్క ద్రవ్యరాశి m అని నిర్వచించబడుచున్నది. V ఘనపరిమాణం, m ద్రవ్యరాశి కలిగిన ప్రవాహి యొక్క సాంద్రత $\rho = \frac{m}{V}$. దీని S.I ప్రమాణం మరియు మితులు వరుసగా $kg\,m^{-3}$ మరియు $[ML^{-3}]$ అగును. ఇది ఒక ధనాత్మక విలువ గల అదిశరాశి అగును. సాధారణంగా ద్రవాలు అదుముటకు వీలుకానివి. కాబట్టి వాతావరణ పీడనంలో (1 atm పీడనంలో) దాని సాంద్రత దాదాపు స్థిరాంకం అగును. వాయువులో పీడనమునకు తగునట్లు సాంద్రతలలో మార్పులు ఉంటుంది.

సాపేక్ష సాంద్రత లేదా విశిష్ట సాంద్రత:

ఒక పదార్థము యొక్క సాపేక్ష సాంద్రత అనునది ఆ పదార్థ సాంద్రతకు 4°C వద్ద నీటి సాంద్రతకు మధ్యగల నిష్పత్తి అని నిర్వచించబడుతుంది. ఇది ఒక మితి రహిత మరియు ధనాత్మక అదిశరాశి అగును.

ఉదాహరణముగా పాదరసం యొక్క సాంద్రత $13.6 \times 10^3 kg\,m^{-3}$. దాని సాపేక్ష సాంద్రత $\frac{13.6\times10^3\,kg\,m^{-3}}{1.0\times10^3\,kg\,m^{-3}} = 13.6.$

[4 °C వద్ద నీటి సాంద్రత $1000\ kg\,m^{-3}$]

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 60 17-03-2023 15:01:04

ఉదాహరణ 7.6

1.5 cm వ్యాసార్ధము మరియు 0.038 kg ద్రవ్యరాశి గల ఒక ఘన గోళము యొక్క సాపేక్ష సాంద్రతను లేదా విశిష్ట సాంద్రతను లెక్కించండి.

సాధన

గోళము యొక్క వ్యాసార్ధము $R = 1.5$ cm

ద్రవ్యరాశి $m = 0.038$ kg

గోళము యొక్క ఘనపరిమాణము $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

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

కావున సాంద్రత

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

గోళము యొక్క విశిష్ట సాంద్రత

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

7.3.2 నిశ్చల స్థితిలో గల ప్రవాహి స్తంభం వలన ఏర్పడు పీడనం (Pressure due to fluid column at rest)

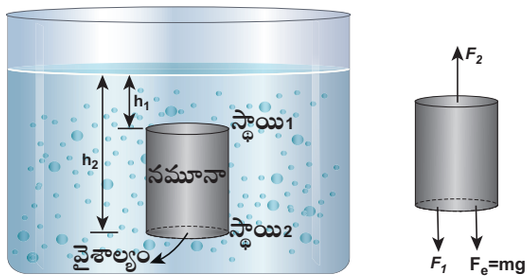
పర్వతముపై ఎక్కుతున్న పర్వత అదిరోహి ఎత్తును అనుసరించి గాలిలో పీడనం తగ్గుదలను అనుభవించగలడు. ఈత కొలనులో దూకి ఒక వ్యక్తి నీటి ఉపరితలముపై నుండి లోతుకు వెళ్ళునపుడు నీటి పీడనం ఎక్కువ అగుటను అనుభవించగలడు. ఈ రెండు సందర్భాలలోను పర్వత అదిరోహి మరియు ఈతగాడు ఎదుర్కొన్న పీడనమును నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న ప్రవాహుల జల స్థిరత్వ పీడనం అగును.

నీటి లోతు ఆధారంగా పీడనం పెరుగుదలను అర్థము చేసుకొనుటకుగాను స్థూపాకారంలో ఉన్న A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం కలిగిన నీటి నమూనాను తీసుకొందాం. పటము 7.10(అ) లో చూపినట్లు h_1 మరియు h_2 అనునవి వరుసగా స్థూప స్థాయిలు ఒకటి మరియు రెండు అనునది గాలి నీరు మధ్య స్థలంలో నుండి ఉన్న లోతులు అనుకొనుము. స్థాయి 1 లో వర్తించబడు అధోఃబలం F_1, ఊర్ధ్వ దిశలో బలం F_2 అనుకొందాము. కావున $F_1 = P_1 A$ మరియు $F_2 = P_2 A$ నీటి నమూనా యొక్క ద్రవ్యరాశి m అనుకోండి. సమతాస్థితిలో మొత్తం ఊర్ధ్వబలం F_2 అనునది మొత్తం అధోఃబలం $(F_1 + mg)$ వలన సమతుల్యం చేయబడును. వేరే విధంగా అధోఃదిశలో పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలము అనునది బలంలో ఏర్పడు మార్పు $F_2 - F_1$ తో సమతుల్యం చేయబడినది.

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

నీటి సాంద్రత ρ అయితే నమూనా నందు గల నీటి ద్రవ్యరాశి m

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



పటము 7.10 (అ) నిశ్చల ప్రవాహిలో A ఆధార వైశాల్యం గల సమతా స్థితిలో ఉన్న వాటి బలముతో ఉన్న నీటి నమూనా.

గురుత్వాకర్షణ బలం

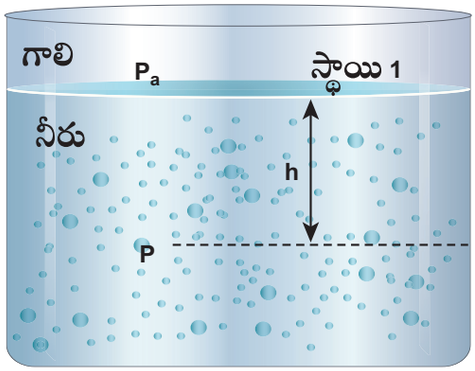
$$F_G = \rho A (h_2 - h_1) g$$

F_G విలువను సమీకరణం (7.15) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

ఇరువైపులా A ని తొలగించగా,

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



పటము 7.10 (ఆ) నీటి ఉపరితలం క్రింద (h) లోతులో పీడనం (P)

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 61 17-03-2023 15:01:06

మనము స్థాయి 1 ని నీటి ఉపరితలంలోను అనగా గాలి – నీరు మధ్య భాగము మరియు స్థాయి 2 ని ఉపరితలమునకు క్రింద h లోతులోను (పటం 7.10 (ఆ) లో చూపిన విధంగా) తీసుకొంటే h_1 యొక్క విలువ శూన్యము ($h_1 = 0$) అగును. మరియు P_1 గాలి పీడనం యొక్క విలువను పొందును (P_a అనుకొనుము). మరియు h లోతులో గల పీడనం (P_2) అనునది P విలువను పొందును. ఈ విలువలను సమీకరణం (7.16) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

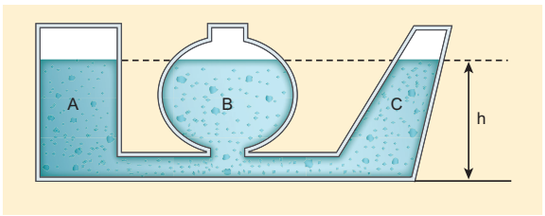
కావున h లోతులో గల పీడనం నీటి ఉపరితలంలో ఉన్న పీడనం కంటే ఎక్కువగా ఉండును. ఇక్కడ వాతావరణ పీడనము (Pa) ఉపేక్షించగా h లోతులో గల పీడనం.

$$P = \rho gh \qquad (7.18)$$

ఇవ్వబడిన ద్రవమునకు ρ స్థిరాంకం మరియు g కూడా స్థిరాంకం, కావున ప్రవాహి స్తంభంలో ఏర్పడు పీడనం అనునది నీటి స్తంభం యొక్క ఎత్తు లేదా లంబ దూరమునకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. పీడనాన్ని నిర్ణయించుటకు ప్రవాహి స్తంభం యొక్క ఎత్తు ముఖ్యమగును. మరియు పాత్ర ఆకృతి యొక్క మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం లేదా ఆధార వైశాల్యం లేదా ఆకారం మొదలగు వాటిపై ఆధారపడదు అని తెలుపుతుంది.

జల స్థితిక వైరుద్యం (Hydrostatic Paradox)

విరామ స్థితిలో గల ద్రవమును గూర్చి తెలుపునపుడు ఒకే సమాంతర స్థాయిలో ఉన్న అన్ని బిందువుల వద్ద (సమాన లోతులో) ద్రవ పీడనం సమానంగా ఉంటుంది. ఈ ప్రవచనాల్ని జల స్థితిక వైరుద్యం అనే ప్రయోగము ద్వారా వివరించవచ్చును. పటము 7.11 చూపినట్లు A,B మరియు C అను మూడు వేర్వేరు ఆకారములు గల మూడు పాత్రలను పరిశీలిద్దాం. ఈ పాత్రల ఆధార భాగంలో ఒక సమాంతర గొట్టము ద్వారా సంధానం చేయబడియున్నది. అవి ఒకే ద్రవంచే (నీరు) నింపినపుడు పాత్ర వేర్వేరు ఘనపరిమాణము గల నీటిని కలిగియున్నప్పటికి నీటి మట్టము ఒకే ఎత్తులో ఉంటుంది. ఎందుకనగా ప్రతి పాత్ర అడుగు భాగములోని ద్రవము ఒకే పీడనాన్ని కలిగియున్నది.



పటము 7.11 ద్రవ స్థితిక వైరుద్య వివరణ

మీకు తెలుసా?

ఒక ప్రదేశములో ప్రమాణ తల వైశాల్యమునకు పైన గల గాలి అందించు గురుత్వాకర్షణ బలమును ఆ ప్రదేశము యొక్క వాతావరణ పీడనం అంటారు. ఇది ఎత్తు మరియు వాతావరణ పరిస్థితులకు (అనగా గాలి సాంద్రత) అనుగుణంగా మార్పు చెందుతుంది. వాస్తవానికి వాతావరణ పీడనం ఉపరితలం నుండి పైకి పోవునపుడు తగ్గుతుంది. నిత్య జీవితంలో ఎత్తు పెరిగినపుడు పీడనం తగ్గడం అనునది ఒక స్వాగతించలేని ఫలితంగా భావించవచ్చును. ఉదాహరణకు అధిక ఎత్తుగల ప్రదేశములో వంట చేయుటకు అధిక సమయం పడుతుంది. అంతే కాకుండా అధిక ఎత్తు గల ప్రదేశముల వద్ద వాతావరణ పీడనం మరియు రక్త పీడనం మధ్య తేడా ఎక్కువగా ఉండడం వలన మన ముక్కు నుండి రక్తం కారడం జరుగుతుంది. వాతావరణ పీడనం విలువ భూతలంపై సముద్ర మట్టం వద్ద 1atm గా ఉంటుంది.

1 atm పీడనం = 1.013×10^5 పాస్కల్

కృత్యము - 1

ఒక వైపు తెరవబడిన ఒక లోహపు పాత్రను తీసుకొని దాని తెరవబడిన భాగమును వాయురేచక యంత్రంతో కలపండి. పాత్రలోని గాలినంతా తీసి పాత్రను శూన్య పరచండి. ఇప్పుడు లోహపు పాత్ర యొక్క ఆకారం కృశించి పోతుంది ఎందుకు?

తెలుసుకున్నది

లోహపు పాత్ర లోవైపు పీడనము తగ్గును. లోహపు వెలుపలి తలంపై వాతావరణ పీడనం యొక్క బలము పని చేయుట వలన దాని ఆకారం కృశించి పోతుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 62 17-03-2023 15:01:06

కృత్యము - 2

ఒక గాజు గ్లాసును తీసుకొని దాని అంచు వరకు నీటితో నింపండి. అట్టముక్క మరియు గ్లాసు మధ్య గాలి లేకుండునట్లు పూర్తిగా నీటితో నిండియున్న ఆ గ్లాసును అట్ట ముక్కతో మూయండి. గ్లాసు అంచుకు మధ్య గాలిలేనట్లు మూయవలయును. తరువాత గ్లాసును తల క్రిందులగా మెల్లగా త్రిప్పండి. నీరు గ్లాసు నుండి క్రిందకు పడదు ఎందుకు?

తెలుసుకున్నది:

గాలి తాకు అట్ట ముక్క యొక్క క్రింద తలముపై పనిచేయు వాతావరణ పీడనం వలన ఏర్పడు ఊర్ధ్వ పీడనం గ్లాసులోని నీటి యొక్క భారమును సమతుల్యం చేస్తుంది. కావున నీరు క్రిందకు పడదు.

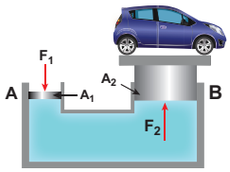
7.3.3 పాస్కల్ నియమము మరియు దాని అనువర్తనములు: (Pascal's law and its applications)

బ్లేయిస్ పాస్కల్ అను ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త సమాన ఎత్తుల వద్ద నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న ప్రవాహిలో అన్ని బిందువుల వద్ద సమాన పీడనం ఉంటుంది అని తెలిపెను. పాస్కల్ నియమం ప్రకారం ఒక ద్రవములో ఒక నిర్ణీత బిందువు వద్ద పీడనం మార్పు చెందినపుడు ఆ మార్పు పరిమాణములో ఎటువంటి తగ్గుదల లేకుండా ద్రవం పూర్తిగా వ్యాపిస్తుంది.

పాస్కల్ నియమము యొక్క అనువర్తనములు.

హైడ్రాలిక్ లిఫ్ట్ (Hydraulic lift)

అత్యంత భారములను అల్ప బలముతో పైకి లేపడానికి ఉపయోగించే హైడ్రాలిక్ లిఫ్ట్ పాస్కల్ నియమము యొక్క ప్రయోగ పూర్వ అనువర్తనం అవుతుంది. హైడ్రాలిక్ లిఫ్ట్ అనునది ఒక బల వర్ధకం (multiplier) గా ఉంటుంది. ఇందులో A,B అను రెండు స్థూపములు ఒకే ద్రవముతో నింపబడి అవి ఒకదానికి మరొకటి స్థితిజ సమాంతర గొట్టముతో అను సంధానించబడి ఉంటాయి.



పటము 7.12 హైడ్రాలిక్ లిఫ్ట్

ఇవి A_1 మరియు A_2 మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం గల ఘర్షణ రహిత పిస్టన్లతో బిగించబడి ఉంటాయి. $(A_2 > A_1)$.

ఇప్పుడు చిన్న పిస్టన్‌పై F అనే అధోఃబలమును కలిగించినపుడు పిస్టన్‌కు క్రింది గల ద్రవ పీడనం P పెరుగుతుంది, ఇక్కడ $P\left(P = \frac{F_1}{A_1}\right)$. పాస్కల్ నియమం ప్రకారం పెరిగిన పీడనం P అన్ని దిశలలోకి విలువ తగ్గించబడకుండా వ్యాపిస్తుంది. కావున B పిస్టన్ పై కొంత పీడనం కలిగించబడును. పిస్టన్ B పై కలిగించబడిన ఊర్ధ్వబలం క్రింద ఇవ్వబడినది.

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

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

A పిస్టన్‌లో గల బలమును మార్చుట ద్వారా $\frac{A_2}{A_1}$ అనే కారక రెట్లుకు B పిస్టన్‌పై బలం పెరుగుతుంది. ఈ కారకం $\frac{A_2}{A_1}$ ను హైడ్రాలిక్ లిఫ్ట్ యొక్క యాంత్రిక లాభం అందురు.

ఉదాహరణ 7.7

60 సెం.మీ మరియు 5 సెం.మీ వ్యాసం కలిగిన రెండు పిస్టన్‌లు గల ఒక హైడ్రాలిక్ లిఫ్ట్ కలదు. ఇప్పుడు చిన్న పిస్టన్‌పై 50 N బలమును కలిగించినట్లైతే పెద్ద పిస్టన్‌కు కలిగే బలం ఎంత?

సాధన

పిస్టన్ల యొక్క వ్యాసము ఇవ్వబడినది వాటి వ్యాసార్ధములను కనుగొనబడవలెను.

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

చిన్నపిస్టన్ యొక్కవైశాల్యం, $A_1 = \pi\left(\frac{5}{2}\right)^2 = \pi(2.5)^2$

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

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

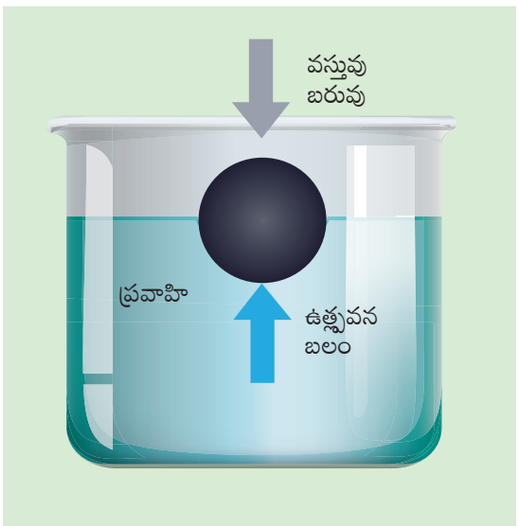
అనగా 50 N బలమును కలిగించి 7200 N బలమును పైకెత్తగలదు అని అర్థము.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 63 17-03-2023 15:01:08

7.3.4 ఉత్ప్లవనం (Buoyancy)

ఏదైనా ఒక వస్తువును ద్రవములో పాక్షికంగా లేక పూర్తిగా ముంచినపుడు అది ఒక నిర్ధిష్ట పరిమాణముతో ద్రవమును స్థానభ్రంశం చెందిస్తుంది. ఈ స్థానభ్రంశం చెందిన ద్రవం వస్తువుపై ఒక ఊర్ధ్వ బలమును కలిగిస్తుంది. మునిగియున్న వస్తువు యొక్క భారమును వ్యతిరేకించు ద్రవముచే కలిగించబడిన ఊర్ధ్వ బలమును ఊర్ధ్వ పీడనం లేదా ఉత్ప్లవన బలం *(buoyant force)* అని అంటారు. ఈ దృగ్విషయమును ఉత్ప్లవనం అంటారు.

ఆర్కిమెడిస్ నియమము:



పటము 7.13 ఆర్కిమెడిస్ నియమము

ఒక వస్తువు పాక్షికంగా లేదా పూర్తిగా ద్రవంలో మునియున్నప్పుడు అది తనచే స్థానభ్రంశం చెందించబడిన ద్రవ బరువుకు సమానమైన ఊర్ధ్వ పీడనం అనుభూతిని పొందును మరియు ఈ ఊర్ధ్వ పీడనం స్థానభ్రంశం చెందిన ద్రవము యొక్క గురుత్వ కేంద్రం గుండా పనిచేయును.

ఊర్ధ్వ పీడనం లేదా ఉత్ప్లవన బలం = స్థాన భ్రంశం చెందిన ద్రవ బరువు

ప్లవన నియమము (Law of floatation)

పడవలు, ఓడలు మరియు కొన్ని కొయ్యచే చేసిన వస్తువులు నీటి ఉపరితలముపై చలిస్తాయి అని మనకు తెలుసు మనము వాటిని తేలుచున్నవని అంటాం. ఒక వస్తువు ప్రవాహి యొక్క ఉపరితలముపై నిలకడగ నిలిచియున్న గుణమును ప్లవనత అని అంటారు.

ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవములో మునిగియున్న భాగముచే స్థానభ్రంశం చెందించిన ద్రవము బరువు, ఆ వస్తువు బరువునకు సమానమైనప్పుడు ఆ వస్తువు ద్రవముపై తేలుతుందని ప్లవన నియమం తెలియజేస్తుంది. ఉదాహరణకు 300 kg (దాదాపు 3000N) బరువు కలిగిన ఒక కొయ్య వస్తువు నీటిపై తేలినపుడు అది 300 kg (దాదాపు 3000N) నీటిని స్థానభ్రంశం చేయును.

గమనిక

ఒక వస్తువు నీటిపై తేలినపుడు స్థానభ్రంశం చెందిన నీటి ఘన పరిమాణం మునిగియున్న వస్తువు ఘనపరిమాణముకు సమానం అని అర్థం. అనగా నీటిలో మునిగియున్న వస్తువు యొక్క ఘనపరిమాణ శాతము ఆ ద్రవ సాంద్రత పరంగా వస్తువు యొక్క సాపేక్ష సాంద్రతకు సమానం.

ఉదాహరణకు ఒక మంచు ముక్క సాంద్రత 0.9 గ్రా సెం.మీ$^{-3}$ ఇది 1.0 గ్రా సెం.మీ$^{-3}$ సాంద్రత గల స్వచ్ఛమైన నీటిపై తేలినపుడు నీటిలో మునిగియున్న వస్తువు యొక్క ఘన పరిమాణ శాతం.

$$\frac{0.9 \text{ గ్రా సెం.మీ}^{-3}}{1.0 \text{ గ్రా సెం.మీ}^{-3}} \times 100\% = 90\% .$$

దీనికి విరుద్ధంగా 1.3 గ్రా సెం.మీ$^{-3}$ సాంద్రత గల సముద్రపు నీటిపై అదే మంచు ముక్క తేలునపుడు సముద్రపు నీటిలో మునిగియున్న వస్తువు యొక్క ఘన పరిమాణ

$$\text{శాతం} \frac{0.9 \text{ గ్రా సెం.మీ}^{-3}}{1.3 \text{ గ్రా సెం.మీ}^{-3}} \times 100\% = 69.23\%$$

మాత్రమే ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 7.8

ఒక ఘనాకార కొయ్య ముక్క నీటిపై 300 గ్రా ద్రవ్యరాశిని దాని కేంద్రంలో మోయుచున్నది. ద్రవ్యరాశిని తొలగించినపుడు ఆ ఘనాకార కొయ్య 3 సెం.మీ పైకి తేలినట్లైతే ఆ ఘనాకార కొయ్య ఘనపరిమాణమును లెక్కించండి.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 64 17-03-2023 15:01:09

సాధన

ఘనాకార కొయ్య యొక్క ప్రతి భుజము పొడవును l అనుకొందాం. 3 సెం.మీ లోతుకు ఘనాకార కొయ్య నింపే ఘనపరిమాణం.

$$V=(3\text{సెం.మీ}) \times l^2 = 3l^2\text{సెం.మీ}$$

ప్లవన నియమము ప్రకారం

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

ఇక్కడ నీటి సాంద్రత $\rho = 1000\ kg\ m^{-3}$

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

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

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

ఘనము యొక్క ఘనపరిమాణం $V = l^3 = 1000\ \text{cm}^3$

మీకు తెలుసా?

జలాంతర్గాములు వాటి ఉత్ప్లవన గుణమును నియంత్రిస్తూ నీటి అడుగు భాగములో మునగవచ్చు లేదా పైకి తేలును. దీనిని పొందడానికి జలాంతర్గాములు నీరు లేదా గాలితో నింపబడిన నిలకడైన తొట్టెలను కలిగి వుంటుంది. ఈ నిలకడ తొట్టెలు గాలిచే నింపబడినపుడు, జలాంతర్గాముల పూర్తి సాంద్రత దానిని ఆవరించియున్న నీరు మరియు దాని ఉపరితలము కన్నా తక్కువగా మారుతుంది (ధనాత్మక ఉత్ప్లవనం). ఒక వేళ ఈ తొట్టెలు గాలిచే కాకుండా నీటిచే నింపబడినపుడు జలాంతర్గామి యొక్క సంపూర్ణ సాంద్రత దాని చుట్టు ఆవరించియున్న నీటి కంటే ఎక్కువై జలాంగర్గామి నీటిలో మునుగుతుంది (ఋణాత్మక ఉత్ప్లవనం) జలాంతర్గామిని ఒక నిర్ణీత లోతు వద్ద స్థిరంగా ఉంచడానికి తొట్టె నీరు మరియు గాలిచే నింపబడతాయి (తటస్థ ఉత్ప్లవనం).

ఉత్ప్లవన వస్తువులకు ఉదాహరణ:

i) ఒక వ్యక్తి నది నీటిలో కంటే సముద్రపు నీటిలో సులభముగా ఈదగలడు.

ii) మంచు ముక్కలు నీటిపై తేలుతాయి.

iii) ఓడలు ఉక్కుచే నిర్మించబడినప్పటికీ వాటి అంతర భాగం పుటాకార ఆకృతిలో ఖాళీ ఏర్పరచబడి ఉంటుంది. కావున ఓడలు సులభముగా నీటిపై తేలును.

7.4 స్నిగ్ధత (VISCOSITY)

7.4.1 పరిచయం (Introduction)

విభాగము 7.3 నందు విరామస్థితి వద్ద వున్న ద్రవముల యొక్క స్వభావమును గురించి చర్చించగా వేర్వేరు ధర్మములపై ద్రవ చలనము యొక్క ప్రభావమును అనేక చర్యల ద్వారా తెలుసుకొనవచ్చును. ద్రవ చలనం అనునది ఒక సంక్లిష్ట విషయము. ఎందుకు అనగా ద్రవచలనం ఏర్పడినపుడు ఇది స్థితిజ, గతిజ మరియు గురుత్వ శక్తులను కలిగి ఉండి ఘర్షణను ఏర్పరచి స్నిగ్ధత బలమును ఏర్పరచును. కావున ఈ క్రియను సరళము చేయుటకు ఒక ఆదర్శ ద్రవమును పరిగణించాలి. ఒక ఆదర్శ ద్రవము అసంపీడ్యమైనది (స్థూల గుణకం విలువ అనంతము) మరియు విమోటన బలమును నిర్వహించదు (అనగా స్నిగ్ధత గుణకము విలువ శూన్యం).

చాలా వరకు ప్రవాహులు చలనములో నిరోధకతను ప్రదర్శిస్తాయి. ఒక ప్రవాహి ఘనమునకు సాపేక్షంగా చలించినపుడు లేదా రెండు ప్రవాహిలు ఒకదానికొకటి సాపేక్షంగా చలించునపుడు వాటి స్పర్శతలం వద్ద ఒక ఘర్షణ బలం పని చేస్తుంది. ప్రవాహి చలనమునకు కలిగే ఈ నిరోధము ఘన పదార్థము ఒక తలముపై చలించునపుడు ఉత్పత్తి అగు ఘర్షణ బలము వలె ఉంటుంది. ప్రవాహులు చలించునపుడు వాటి పొరల మధ్య కలుగు అంతర ఘర్షణను స్నిగ్ధత అంటారు. అనగా ద్రవ పొరల మధ్య సాపేక్ష చలనమును వ్యతిరేకించే ప్రవాహి ధర్మమును స్నిగ్ధత అని నిర్వచించవచ్చును.

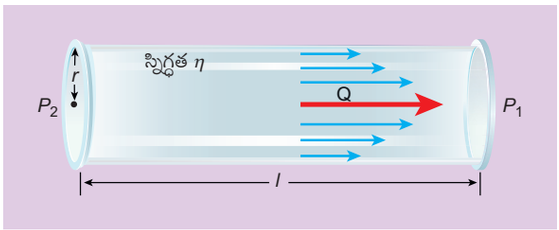
కృత్యము

సమాన పరిమాణము గల మూడు ఉక్కు బంతులను గాలి నీరు మరియు నూనె నింపబడిన జాడీలలో ఏక కాలములో జార విడవబడినది అని పరిగణిద్దాం. ఇప్పుడు గాలిలో సులభముగాను నీటిలో కొంచెం కష్టంగాను మరియు నూనెలో అత్యంత కఠినంగాను చలిస్తాయి. క్రిందికి పడు బంతులు వలన ద్రవము యొక్క వేర్వేరు పొరల మధ్య సాపేక్ష చలనం ఉత్పత్తి చేయబడుతుంది. స్నిగ్ధత బలమునకు దారితీస్తుంది. ఈ ఘర్షణ బలం ద్రవ సాంద్రతపై

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 65 17-03-2023 15:01:09

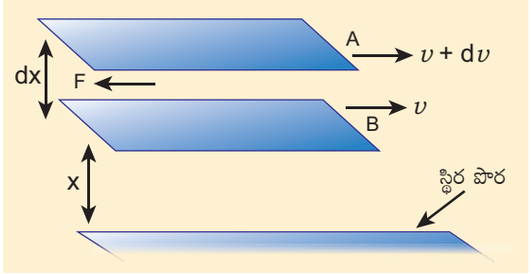
ఆధారపడి ఉంటుంది. కనుక చలన ద్రవములో వాటి పొరల మధ్య ఏర్పడు సాపేక్ష చలనములో వ్యతిరేకతను స్నిగ్ధత అంటారు.

స్నిగ్ధతకు కారణం:
రెండు సమీప పొరలు కలిగిన ఒక స్థితిజ సమాంతర తలముపై ఒక ద్రవము ప్రవహిస్తున్నదని పరిగణిద్దాం. ద్రవము నందు పై పొర క్రింది పొరను త్వరణించుటకు ప్రయత్నిస్తుంది. అదే సమయములో క్రింది పొర పైపొరను ఆపుటకు ప్రయత్నిస్తుంది. దీని ఫలితంగా ఒక తిరోగమన స్పర్శరేఖా బలం వృద్ధి చెందుతుంది. ఇది సాపేక్ష చలనాన్ని క్షీణింపచేస్తుంది. దీని వలన ద్రవములలో స్నిగ్ధత ధర్మము నెలకొంటుంది.



పటము 7.14 స్నిగ్ధత

స్నిగ్ధత గుణకము (Coefficient of viscosity):
పటము 7.15 లో చూపినట్లు ఒక ద్రవము స్థిరముగా స్థితిజ సమాంతరముతో ఏకరీతిగా ప్రవహిస్తున్నదని పరిగణిద్దాం. మనము స్థిర పొర నుండి దూరముగా చలించినపుడు పొరల యొక్క వేగము సమరీతిలో పెరుగుతుంది. ఇపుడు A మరియు B అను రెండు పొరలను పరిగణిద్దాం. ఈ సమీప పొరలు స్థిర పొరల నుండి x మరియు $x + dx$ దూరంలో ఉండి వాటి వేగములు v మరియు $v + dv$ ఉన్నట్లు ఊహిస్తాం.



పటము 7.15 స్థితిజ సమాంతర పొరలపై ద్రవముల ప్రవాహం

ద్రవములోని రెండు పొరల మధ్య స్పర్శ రేఖ దిశలో పనిచేయు స్నిగ్ధత బలం F ను న్యూటన్ మొదటి నియమము ద్వారా తెలుపవచ్చును.

ఈ బలము
(i) దవ్రము యొక్క వైశాల్యము A మరియు
(ii) వేగ ప్రవనత $\frac{dv}{dx}$ కు అనులోమాను పాతంలో ఉంటాయి

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

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

అనుపాత స్థిరాంకం η ను ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత గుణకం అంటారు. సమీపంలోని ఋణాత్మక గుర్తు సాపేక్ష చలనమును వ్యతిరేకిస్తుంది. మరియు బలము ఘర్షణ గుణమును పొందియున్నదని సూచిస్తుంది. స్నిగ్ధత గుణకం యొక్క మితి సూత్రం $\left[ML^{-1}T^{-1}\right]$.

గమనిక
స్నిగ్ధత అనునది ఘర్షణను పోలి ఉంటుంది. పదార్థము యొక్క గతిజ శక్తి ఉష్ణశక్తిగా మార్పు చెందుతుంది.

ఉదాహరణ 7.9

0.25×10^{-3} మీటర్ మందము కలిగిన ఆముద నూనె పొరపై $2.5\times10^{-4}\ m^2$ వైశాల్యము వున్న ఒక లోహపు పలక ఉంచబడినది. ఆ పలకను $3\times10^{-2}\ m\ s^{-1}$ వేగముతో చలింప చేయడానికి 2.5 N బలము అవసరమైతే ఆముద నూనె స్నిగ్ధత గుణకమును కనుగొనండి.

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

సాధన

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

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

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

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

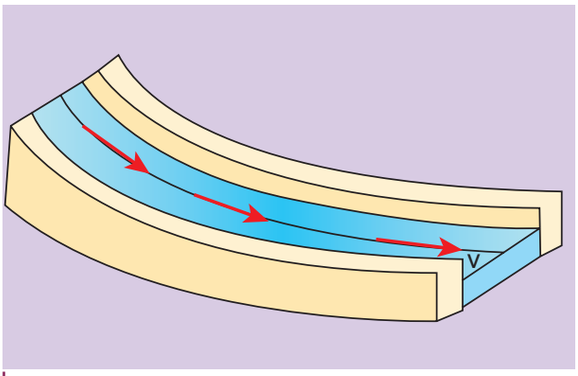
11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 66 17-03-2023 15:01:11

7.4.2 స్తరీయ ప్రవాహం (Streamlined flow)

ద్రవముల ప్రవాహం అనేక రకాలుగా ఉంటుంది. ఇది ఏకరీతిగా లేదా స్తరీయ ప్రవాహంగాను ఏక రహితంగా లేదా కల్లోల ప్రవాహంగాను సంపీడ్యం లేదా అసంపీడ్యం ప్రవాహంగాను స్నిగ్ధతయుత (viscous) లేదా స్నిగ్ధత రహితం (non-viscous) గాను ఉంటుంది. ఉదా॥ ఒక నదిలో నీరు ప్రశాంతంగా ప్రవహిస్తునట్లు పరిగణిద్దాం. దానిని బాగా పరిశీలించినట్లైతే వేర్వేరు ప్రాంతముల వద్ద నీటి యొక్క వేగము వేర్వేరుగా వుంటుంది. చాలా వరకు నది మధ్య భాగంలో ప్రవాహ వేగం ఎక్కువగానూ గట్టు వద్ద తక్కువగాను ఉంటుంది. అయితే నీటి కణ వేగము ఏ బిందువు వద్దనైనను స్థిరంగా ఉంటుంది. దీనిని బాగా అర్థం చేసుకొనుటకు నది మధ్యభాగం వద్ద కణ వేగం సెకనుకు నాలుగు మీటర్లు అనుకొందాం. అపుడు ఆ బిందువును దాటి వెళ్ళే అన్ని నీటి కణముల యొక్క వేగము నాలుగు మీటర్లుగా ఉంటుంది. అదే విధంగా గట్టుకు సమీపంగా వెళ్ళే కణ వేగము సెకనుకు 0.5 మీటర్లు అయితే దానికి వెనుక వెళ్ళే అన్ని నీటి కణములు అదే వేగమును కలిగి ఉంటాయి.

ఒక ద్రవ ప్రవాహంలో ఒక బిందువు గుండా చలించే ప్రతి ఒక ద్రవ కణములు వాటికి ముందుగా చలించే కణముల మార్గములో అదే వేగముతోను చలించినట్లైతే ఆ ద్రవ ప్రవాహమును స్తరియ ప్రవాహము అందురు. దీనినే ఏకరీతి ప్రవాహం లేదా దళ ప్రవాహం (laminar flow) అంటారు. చలన ద్రవము యొక్క కణము ప్రసరించే వాస్తవ మార్గములను స్తరీయ మార్గము అని చెప్పవచ్చు. ఇది పటము 7.16 లో చూపినట్లు ఏ ఒక్క బిందువు వద్దను దాని స్పర్శరేఖ ఆ బిందువులో ద్రవ ప్రవాహ దిశను ఇచ్చును. దీనికి కారణం ఏమనగా ఇది ఆదర్శ పరిస్థితుల వద్ద ఒక నదిలోని నీరు ప్రశాంత ప్రవాహము కలిగి ఉన్నట్లు అనిపిస్తుంది.

ద్రవ ప్రవాహ దిశకు లంబముగా ఉన్న ఏ ఒక మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యంలోను ఒకే దిశావేగం గల ఏకరీతి స్తరీయ కట్టగా ఊహిస్తే ఆ కట్టను గొట్టరూప ప్రవాహం (*tube of flow*) అంటారు. గొట్టరూప ప్రవాహంలో ఉన్న ఏ ఒక నీటి కణము అయిననూ దాని చలనమంతయూ ఎల్లప్పుడూ గొట్టములోనే



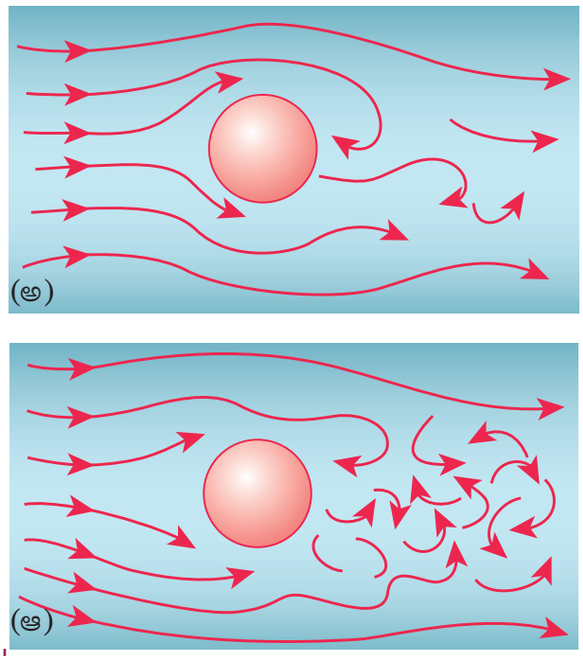
పటము 7.16 ఏకరీతి ప్రవాహంలో ద్రవము యొక్క ఏ బిందువు వద్దనైనను వేగం స్థిరంగా ఉంటుంది

ఉండును. మరియు వేరే గొట్ట ద్రవంతోను కలవదు అని గమనించవలెను. గొట్ట రూప చలనము యొక్క అక్షం ఎల్లప్పుడూ స్తరీయ ప్రవాహమును ఇచ్చును. స్తరీయ ప్రవాహము ఎల్లప్పుడు ప్రవాహి కణముల చలన మార్గమును గుర్తించును. **సందిగ్ధ దిశావేగం అనబడే ఒక నిర్ణీత వేగం వరకు ప్రవాహి చలనము స్తరీయ ప్రవాహం వలెనే ఉండును.** అనగా సందిగ్ధ వేగముకన్నా తక్కువ వేగముతో ప్రవహించినపుడు స్తరీయ ప్రవాహమును పొందవచ్చును.

7.4.3 కల్లోల ప్రవాహము (Turbulent flow)

చలించు ద్రవము యొక్క వేగము సందిగ్ధ వేగము (v_c) ను అధికరించినపుడు ద్రవ ప్రవాహము అల్ల కల్లోలముగా వుంటుంది. ఈ సందర్భములో ఒక కణము నుండి మరొక కణమునకు వాటి పరిమాణము మరియు దిశలో రెండింటిలోను మార్పు కలుగుతుంది. దీని వలన ప్రతి ఒక్క కణము యొక్క ప్రవాహము స్తరీయ ప్రవాహములో ఉండదు. అప్పుడు కణము యొక్క ప్రవాహ మార్గము కల్లోలముగా వుండి అది ఏకరహితముగాను మరియు ప్రవాహం అనేక వృత్తాకార మార్గములో చలించును. ఈ వృత్తములను ఆవర్త ప్రవాహము (eddy current) లేదా ఆవర్తములు (eddies) అని పిలుస్తారు. ఇది పటము 7.17 (అ) మరియు (ఆ) లలో చూపబడినది. ఒక పడవ లేదా ఓడ వెనుక వైపు నీటి ప్రవాహం మరియు చలిస్తూ వున్న బస్సు వెనుక వైపు గాలి ప్రవాహం వంటివి కల్లోల ప్రవాహమునకు కొన్ని ఉదాహరణములు.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 67 17-03-2023 15:01:11



పటము 7.17 **(అ)** ఒక గోళాకార బంతి చుట్టూ కల్లోల ప్రవాహము (ఇక్కడ $v = v_c$ అయినప్పుడు) **(ఆ)** ఒక గోళాకార బంతి చుట్టూ కల్లోల ప్రవాహము (ఇక్కడ $v > v_c$ అయినప్పుడు)

నీరు ప్రవాహిస్తున్న ఒక వెడల్పైన గొట్టములో దాని అక్షము గుండా సిరాను ఎక్కించి ఈ రెండు రకాల చలనములోని బేధమును సులభముగా ప్రదర్శించవచ్చును. ద్రవము యొక్క వేగము తక్కువగా వున్నప్పుడు సిరా మార్గము రేఖీయ మార్గములో వుంటుంది. దీనికి విరుద్ధముగా ద్రవ వేగము ఒక నిర్ధిష్ట విలువను దాటినపుడు సిరా ఒక క్రమరహిత అమరికలోని రేఖల వలె అన్ని దిశలలోకి విస్తరించి కల్లోలముగా చలిస్తుంది. ఈ వంకర టింకర (zig-zag) చలనము ఫలితముగా ఆవర్త ప్రవాహము ఏర్పడుతుంది. దాని వలన అధిక మొత్తములో శక్తి నష్టము జరుగుతుంది.

7.4.4 రెనాల్డ్ సంఖ్య (Reynold's number)

ఒక ద్రవ ప్రవాహము యొక్క వేగము దాని సందిగ్ధ వేగము v_c కన్నా తక్కువగా ఉన్నప్పుడు ఆ ప్రవాహము స్థిరముగాను లేదా ఒకే వరుసలో వుంటుందని ఇది వరకే అభ్యసించాము. అలా కాకుండా v_c ని దాటినపుడు నీటి ప్రవాహము కల్లోలమౌతుంది. ఆస్ బోర్న్ రెనాల్డ్ (1842 – 1912) అను శాస్త్రవేత్త నీటి ప్రవాహ స్వభావము స్తరీయ ప్రవాహము లేదా కల్లోల ప్రవాహము అని తెలుపుటకు ఒక సమీకరణము రూపొందించెను.

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

ఇది ఒక మితి రహిత సంఖ్య, దానిని రెనాల్డ్ సంఖ్య అని పిలుస్తాం. దానిని R_c లేదా K తో సూచిస్తారు. ఈ సమీకరణములో ρ అనునది ద్రవ సాంద్రతను v అనునది ద్రవ ప్రవాహ వేగమును D అనునది ద్రవము ప్రవహించు గొట్టము యొక్క వ్యాసమును మరియు η అనునది ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత గుణకము తెలియజేస్తుంది. ఏ ప్రమాణ పద్ధతిలోనైనా R_c విలువ ఒకే విధముగా వుంటుంది.

పట్టిక 7.3 ద్రవ ప్రవాహమును అర్థము చేసుకొనుటకు రెనాల్డ్ అను శాస్త్రవేత్త క్రింది R_c విలువలను ప్రతిపాదించాడు.

వరుస సంఖ్య	రెనాల్డ్ సంఖ్య	ప్రవాహ స్వభావము
1	$R_c < 1000$	స్తరీయ ప్రవాహము
2	$1000 < R_c < 2000$	అస్థిర ప్రవాహము
3	$R_c > 2000$	కల్లోల ప్రవాహము

కనుక ఒక స్థూపాకార గొట్టము ద్వారా ప్రవహించే నీటి ప్రవాహము జాలు వారునదా లేక కల్లోలమా అనే అంశమును నిర్ధారించే ఒక సందిగ్ధ చలరాశిని రెనాల్డ్ సంఖ్య R_c అని చెప్పవచ్చును.

వాస్తవానికి కల్లోల ప్రవాహం వద్ద గల R_c యొక్క సందిగ్ధ విలువ జ్యామితీయంగా ఒకే రకమైన ప్రవాహములు కూడా అదే విలువను కలిగియుండును. ఉదాహరణకు నూనె మరియు నీరు వంటి రెండు ద్రవములను తీసుకొందాం. ఇవి వేర్వేరు సాంద్రతలు మరియు స్నిగ్ధతా గుణకములను కలిగి ఒకే ఆకారము మరియు పరిమాణము గల గొట్టములలో ప్రవహిస్తున్నదని అనుకొందాం. అప్పుడు ఒకే R_c విలువ వద్ద ఈ రెండు ద్రవముల ప్రవాహం కల్లోలము సృష్టిస్తాయి. పై దృగ్విషయము సాదృశ్య నియమమునకు దారి తీస్తుంది. దాని ప్రకారము రెండు జ్యామితీయ సాదృశ్య ప్రవాహములు ఉన్నప్పుడు అవి ఒకదానికొకటి సమానముగా వుండి ఒకే రెనాల్డ్ సంఖ్యను పొంది

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 68 17-03-2023 15:01:12

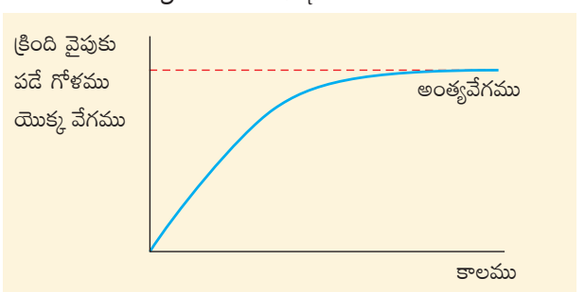
వుంటాయి. సాంకేతిక అనువర్తనములలో సాదృశ్య నియమము ఒక ముఖ్యమైన పాత్రను వహిస్తున్నది. ఓడలు, జలాంతర్గాములు, పందెం కార్లు మరియు విమానాల ఆకారములు వాటి వేగమును గరిష్ఠము చేయు దిశగా నిర్మించబడుతాయి.

7.4.5 టెర్మినల్ వేగము : లేదా అంత్య వేగము (Terminal velocity)

అంత్య వేగమును అర్థము చేసుకొనుటకు ఒక అధిక స్నిగ్ధత గల ద్రవమును ఒక పొడవైన గొట్టములో తీసుకొని అందులో ఒక చిన్న లోహ గోళమును విరామ స్థితి నుండి స్వేచ్ఛగా క్రిందకు పడినట్లు పరిగణిద్దాం. అప్పుడు గోళముపై (i) గోళము యొక్క గురుత్వ బలము నిట్ట నిలువుగా క్రింది దిశలో పనిచేస్తుంది. (ii) ఉత్ప్లవనత వలన పై దిశలో ఊర్ధ్వ పీడనం U పని చేస్తుంది. (iii) పై దిశలో స్నిగ్ధత ఘర్షణ బలం పనిచేస్తుంది (స్నిగ్ధత బలం ఎల్లప్పుడు గోళము యొక్క చలన దిశకు వ్యతిరేఖ దిశలోనే పనిచేస్తుంది)

ప్రథమంగా, గోళము అధో దిశలో త్వరణీకృతం చెందుతుంది. దీని వలన అధోఃబలము కంటే ఊర్ధ్వ బలము తక్కువగా వుంటుంది. గోళము యొక్క వేగము పెరిగే కొలది స్నిగ్ధత బలము యొక్క వేగము కూడా పెరుగుతుంది. నికర అధోఃబలము ఊర్ధ్వ బలమును సమతుల్యం గావించినపుడు గోళము యొక్క ఫలిత బలము శూన్యమవుతుంది. అప్పుడు గోళము ఒక స్థిర వేగముతో క్రింది దిశలోకి చలిస్తుంది.

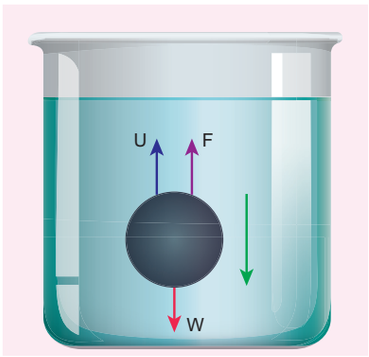
ఒక స్నిగ్ధతయుత యానకంలో స్వేచ్ఛగా క్రిందకి పడే వస్తువు పొందు గరిష్ఠ స్థిర వేగమును అంత్య వేగము v_t అంటారు. పటము 7.18 లో y అక్షముపై వేగమును x అక్షముపై కాలమును తీసుకొని ఒక రేఖా చిత్రము గీయబడినది. ఈ చిత్రము నుండి గోళము మొదటగా త్వరణీకృతం చెంది కొంత కాలము తరువాత వేగము స్థిర విలువను చేరి చివరగా అంత్య వేగము (v_t) ను పొందినది.



పటము 7.18 వేగము – కాలము రేఖాచిత్రము

అంత్యవేగమునకు సమీకరణము:

r వ్యాసార్ధము కలిగిన ఒక గోళము η స్నిగ్ధత గుణకము గల అధిక స్నిగ్ధతను కలిగియున్న ద్రవములో స్వేచ్ఛగా క్రిందకు పడుచున్నదని పరిగణిద్దాం. గోళ పదార్థము యొక్క సాంద్రత ρ మరియు ద్రవ సాంద్రత σ అని అనుకొందాం.



పటము 7.19 ఒక స్నిగ్ధతాయుత ద్రవములో గోళము క్రిందకు పడునపుడు దానిపై పనిచేయు బలములు

గోళముపై పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలము,

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

ఊర్ధ్వ పీడనము, $U = \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g$ (ఊర్ధ్వ బలము)

స్నిగ్ధత బలము, $F = 6\pi\eta r v_t$

అంత్య వేగము v_t, వద్ద

నికర అధోఃబలము = ఊర్ధ్వ బలము

$$F_G = U + F$$

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

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

ఇక్కడ గోళము అంత్య వేగము దాని వ్యాసార్ధ వర్గమునకు అనులోమానుపాతములో వుండుటను గమనించవలెను.

ఒక వేళ ρ కంటే σ ఎక్కువగా వుంటే $(\rho - \sigma)$ విలువ ఋణాత్మక విలువ పొందుట వలన అది ఋణ అంత్య వేగమునకు దారి తీస్తుంది. దాని

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 69 17-03-2023 15:01:13

వలన గాలి బుడగలు నీరు లేదా ఏదేని ద్రవములో పై భాగమునకు చేరుతాయి. అంతేకాకుండా ఆకాంశలోని మబ్బులు కూడా ఈ కారణం చేత ఊర్ధ్వ దిశలోకి చలిస్తాయి.

ఆలోచించవలసిన విషయములు:

1. గోళము యొక్క అంత్య వేగము దాని వ్యాసార్ధ వర్గమునకు అనులోమాను పాతములో వుంటుంది. కనుక పెద్ద పెద్ద వర్షపు నీటి బిందువులు చిన్న చిన్న వర్షపు నీటి బిందువుల కంటే వేగముతో క్రిందకు పడుతాయి.
2. గోళము యొక్క పదార్థ సాంద్రత యానకము యొక్క సాంద్రత కంటే తక్కువగా ఉన్నప్పుడు గోళము ఊర్ధ్వ దిశలో అంత్య వేగమును పొందుతుంది. కనుక సోడా నీటిలోని వాయు బుడగలు పై దిశలోకి చలిస్తాయి.

7.4.6 స్టోక్స్ నియమము మరియు దాని అనువర్తనాలు (Stoke's law and its applications)

స్నిగ్ధతయుత యానకములో ఒక వస్తువు పడినపుడు అది దాని ఉపరితలము మీద వ్యాప్తి చెందుతుంది. ఇది ద్రవము యొక్క వేర్వేరు పొరల మధ్య సాపేక్ష చలనాన్ని కలిగిస్తుంది. స్టోక్స్ వేర్వేరు ప్రవాహాలతో చిన్న గోళ పదార్థముల చలనములపై చాలా పరిశోధనలు చేసి, r వ్యాసార్ధము గల గోళముపై పనిచేయు స్నిగ్ధత బలము F అనునది.

i) గోళము వ్యాసార్ధం r
ii) గోళము యొక్క దిశావేగం υ
iii) ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత గుణకం (η) పై ఆధారపడును అని తెలిపెను.

కావున $F \propto \eta^x r^y \upsilon^z \Rightarrow F = k\eta^x r^y \upsilon^z$, ఇక్కడ k అనునది ఒక మితి రహిత స్థిరాంకము.

పై సమీకరణమును మితులనుపయోగించి క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

సాధించగా మనం పొందునది x=1, y=1, మరియు z=1

కావున, F=kε $r\upsilon$

ప్రయోగము ద్వారా స్టోక్స్ $k = 6\pi$ అని కనుగొనెను.

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

ఈ సమీకరణమును స్టోక్స్ నియమము అందురు.

స్టోక్స్ నియమము యొక్క అనువర్తనములు:
వర్షపు నీటి బిందువులు పరిమాణములో చిన్నవిగాను మరియు వాటి అంత్య వేగము తక్కువగా వుండడం వలన అవి గాలిలో మేఘము వలె తేలియాడుచున్నవి. వాటి పరిమాణము పెద్దదైనపుడు వాటి అంత్య వేగము పెరిగి వర్షముగా కురియుచున్నది.

ఈ నియమము క్రింది వాటిని వివరించుచున్నది.

అ) మేఘములు తేలియాడుట.
ఆ) చిన్న వర్షపు బిందువుల కంటే పెద్ద వర్షపు బిందువులు మనను భాదించును.
ఇ) ఫారాచ్యూట్ ధరించి ఆకాశము నుండి క్రిందికి దిగు వ్యక్తి ఒక స్థిరమైన అంత్య వేగమును పొందును.

7.4.7 పాయ్‌జలి సమీకరణం (Poiseuille's equation)

ఒక సన్నని కేశనాళిక ద్వారా ఒక స్థిర వేగముతో ప్రవహించే ద్రవము యొక్క చలనాన్ని పాయ్‌జలి విశ్లేషించెను. ఏకాంక కాలములో ఒక సన్నని కేశనాళిక ద్వారా ప్రవహించే ద్రవము యొక్క ఘనపరిమాణమునకు సమీకరణము ఉత్పాదించెను. అతని భావనల నుండి సమీకరణము క్రింది నిబంధనలకు లోబడి వుంటుంది.

- ద్రవ ప్రవాహము నిలకడగా స్థిరంగా వుండాలి.
- గొట్టము స్థితిజ సమాంతరముగాను, ప్రవాహము గురుత్వాకర్షణ బలమునకు లోనగుట్లుగా వుండవలెను.
- కేశనాళిక గోడలకు ఆనుకొని ఉన్న ద్రవము నిశ్చల స్థితిలో వుండాలి.
- కేశనాళికలోని ద్రవాలలో ఏ మధ్యచ్ఛేధములోనైనా ఒకే పీడనం వుండాలి.

మితి సూత్రము ఉపయోగించి పాయ్‌జలి సమీకరణమును ఉత్పాదించవచ్చును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 70 17-03-2023 15:01:14

స్థితిజ సమాంతరముగానున్న ఒక కేశనాళిక ద్వారా ఏకరీతి ప్రవాహం వున్నది అనుకొనుము. కేశనాళిక ద్వారా ఒక సెకను కాలములో ప్రవహించు ద్రవము యొక్క ఘనపరిమాణము. $\upsilon = \left(\frac{V}{t}\right)$ అనుకొనుము ఇవి (1) ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధతా గుణకము, (n) (2) గొట్టము వ్యాసార్ధము (r) మరియు (3) పీడన ప్రవనత $\left(\frac{P}{l}\right)$ లపై ఆధారపడి వుంటుంది. కావున,

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

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

ఇక్కడ k అనునది మితి రహిత స్థిరాంకం
కావున

$$[\upsilon] = \frac{\text{ఘన పరిమాణం}}{\text{కాలము}} = \left[L^3T^{-1}\right], \left[\frac{dP}{dx}\right] = \frac{\text{పీడనం}}{\text{దూరం}}$$

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

సమీకరణము (7.24) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

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

ఇరువైపుల M, L, మరియు T ల యొక్క ఘాతములను పోల్చగా

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

a, b, మరియు c మూడు తెలియని విలువలు వున్నవి. పై సమీకరణములను సాధించగా

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

కావున సమీకరణం (7.24) ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

పరిశోధన ద్వారా k విలువ $\frac{\pi}{8}$, అని కనుగొనబడినది. కావున

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

పై సమీకరణము సన్నని గొట్టము లేదా కేశనాళిక ద్వారా ప్రవహించే ద్రవమునకు మాత్రమే వర్తించును. ఈ సమీకరణమును పాయ్‌జలి సమీకరణం అంటారు. ఈ సమీకరణము సందిగ్ధ దిశావేగము (v_c) కంటే తక్కువ దిశావేగము గల ప్రవాహాలకు బాగుగా వర్తించును.

7.4.8 స్నిగ్ధత యొక్క అనువర్తనములు (Applications of viscosity)

క్రింది ఉదాహరణముల ద్వారా స్నిగ్ధత యొక్క ముఖ్యత్వమును మనము అవగాహన చేసుకొనవచ్చును.

(1) భారీ యంత్ర పరికరాలలో ఘర్షణను తగ్గించుటకు ఉపయోగించు కందెన వంటివి అధిక స్నిగ్ధత గుణకము కలిగి యుండును. అవసరానుగుణంగా కందెనను ఎన్నుకోవడానికి దాని స్నిగ్ధతను మరియు అధిక ఉష్ణోగ్రతతో మార్పు చెందు విధమును తెలుసుకొని వుండవలెను. (గమనిక: ఉష్ణోగ్రత పెరిగితే ద్రవం యొక్క స్నిగ్ధత తగ్గును) మరియు కారు యంత్రములలో (చిన్న యంత్రములలో) ఉపయోగించు నూనె తక్కువ స్నిగ్ధతను కలిగిన దానిని ఎన్నుకొనుటకు దోహదపడును.

(2) కొన్ని యంత్ర పరికరాలకు మృధుత్వం కొరకు ఎక్కువ స్నిగ్ధత కలిగిన ద్రవములను ఉపయోగిస్తారు. మరియు ఇది హైడ్రాలిక్ బ్రేకులతో (hydraulic brake) నూనెలుగా ఉపయోగపడుతుంది.

(3) ధమనులు మరియు సిరలు మధ్య రక్త ప్రసరణ ద్రవాల స్నిగ్ధతపై ఆధారపడి యుంటుంది.

(4) ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ఆవేశమును కనుగొనుటకు మిల్లికన్ నూనె బిందువుల పరిశోధనను చేసెను. అతను స్నిగ్ధత గురించిన పరిజ్ఞానము ఆవేశమును కనుగొనుటకు ఉపయోగించెను.

7.5 తలతన్యత (SURFACE TENSION)

7.5.1 అణువుల మధ్య గల బలాలు (Intermolecular forces)

సాంద్రత, తలతన్యత లాంటి భౌతిక ధర్మాల వలన వేర్వేరు ద్రవాలు ఒకటిగా కలవవు. ఉదాహరణకు నీరు, కిరోసిన్ ఒకటిగా కలవదు. పాదరసము గాజుకు అతుకదు. కాని నీరు గాజుతో అతుకుతుంది. నీరు కాండము ద్వారా పత్రములకు ఎగబ్రాకును

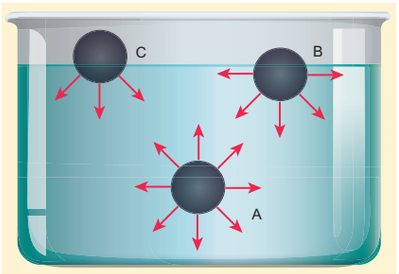
11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 71 17-03-2023 15:01:16

ఇవి చాలా వరకు ద్రవముల ఉపరితలములతో సంబంధము కలిగినట్లు ఉన్నది. ద్రవములకు నిర్ణీత రూపము లేదు కాని నిర్ణీత ఘనపరిమాణము కలదు. ద్రవమును పాత్రలో పోసినపుడు అది కావలసిన స్వేచ్ఛా ఉపరితలమును పొందును. కావున ఉపరితలము అదనముగా శక్తిని పొందును. ఇది ఉపరితల శక్తి అనబడును. పై సంఘటనకు కారణము తలతన్యత అనే ధర్మము అగును. లాప్లస్ మరియు గాస్ అను శాస్త్రవేత్తలు తలతన్యత మరియు వివిధ సందర్భాలలో ద్రవము యొక్క చలనములను గూర్చిన సిద్ధాంతాలను రూపొందించారు.

నీటి అణువులు, ఘన పదార్థములో ఉన్నట్లు చాలా దగ్గరగా ఉండవు. కావున అవి సులభంగా జరుగును. ఒక ద్రవము నందు గల ఒకే రకమైన ద్రవ అణువుల మధ్య ఏర్పడే బలమును సంసంజన బలము (*cohesive force*) అందురు. ఒక ద్రవము ఘన పదార్థమును తాకినపుడు ద్రవ మరియు ఘన పదార్థ అణువులు అసంజన బలము (*adhesive force*) అనే ఆకర్షణ బలమును పొందును.

ఈ రకమైన అణువుల మధ్య గల బలము 10^{-9} (అనగా 10 Å) అనే చాలా తక్కువ దూరమునకు మాత్రమే పనిచేయును. అన్ని దిశలలోను ఈ రకమైన అణువుల బలములు పనిచేయు పరిధిని ఆకర్షణ క్షేత్రము (*influence*) అందురు. ఈ క్షేత్రమునకు వెలుపల గల బలాలు ఉపేక్షించబడును.

పటము 7.20 లో చూపినట్లు ఒక ద్రవములో A, B, మరియు C అనే మూడు వేర్వేరు అణువులను ఊహిద్దాం. 'A' అణువు అన్ని దిశలలోను గల అన్ని అణువులతోను చర్య చేరుట వలన A పొందిన ఫలిత బలము శూన్యమగును. 'B' అణువు 3/4 భాగము ద్రవము ఉపరితలము క్రిందనూ, 1/4 భాగము గాలిలోను ఉన్నది. B కు క్రింది భాగములో ఎక్కువ అణువులు ఉండుట వలన, అది క్రింది వైపుకు ఫలిత బలమును పొందును. ఇదే విధముగా 'C' అణువు ద్రవ ఉపరితలంపై ఉన్నందువలన అధిక క్రింది వైపు బలమును పొందును. ఎందుకనగా ఎక్కువ ద్రవ అణువులు క్రింది భాగములో వున్నవి. కావున అణువు అవధిలో గల మొత్తము ద్రవ అణువుల C అణువుతో చర్యను జరిపి క్రింది వైపుకు బలమును పొందును అని తెలియుచున్నది.

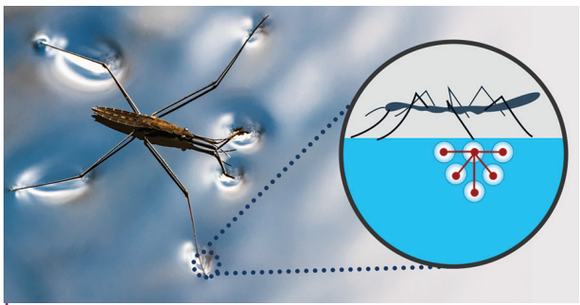


పటము 7.20 ద్రవము యొక్క వేర్వేరు మట్టములలో గల అణువులు

ద్రవము అంతర్భాగములో గల అణువులను ఉపరితలముకు తెచ్చుటకు సంసంజన బలముకు వ్యతిరేఖంగా పనిచేయవలెను. ఈ పని అణువులలో స్థితిజ శక్తిగా సేకరించబడును. కావున ద్రవ ఉపరితలంలో వున్న అణువులు అంతర్భాగములో వున్న అణువుల కంటే ఎక్కువ స్థితిజ శక్తిని పొందియున్నది. కాని ఒక వ్యవస్థ సమతాస్థితిలో నుండుటకు దాని స్థితిజ శక్తి (ఉపరితల శక్తి) కనిష్ఠంగా ఉండవలెను. స్థిర సమతాస్థితిలో నుండుటకు ద్రవము కనిష్ఠ సంఖ్యలో అణువులను పొందును. ద్రవము యొక్క ఇటువంటి గుణమును తన్యత ఏర్పరచును.

తలతన్యతకు ఉదాహరణలు

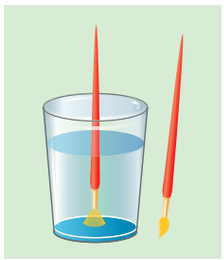
నీటి పురుగులు నీటి ఉపరితలంపై నడుస్తున్నవి. (పటము 7.21) నీటి అణువులు లోవైపుకు లాగుట వలన నీటి ఉపరితలము స్థితిస్థాపకత గల లేదా లాగి కట్టబడిన పొరలు లాగా పనిచేయును. ఈ పొరలు నీటి పురుగుల బరువును సమతుల్యత చేసి నీటి ఉపరితలంపై అవి నడుచుటకు ఉపయోగపడును. ఈ సంఘటనను తలతన్యత అంటారు.



పటము 7.21 నీటి తలతన్యత వలన నీటి ఉపరితలంలో నడిచే నీటి పురుగులు

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 72 17-03-2023 15:01:17

వర్ణము వేయుటకు ఉపయోగించు బ్రష్ యొక్క ప్రోగులు నీటి నుండి వెలుపలికి తీస్తే, అవి ఒకటిగా అతుకబడియుండును. దీనికి కారణము వాటిలో ఏర్పడిన నీటి పొరలు ఒక కనిష్ఠ వైశాల్యమునకు కుదించబడుటయే అగును. (పటము 7.22)

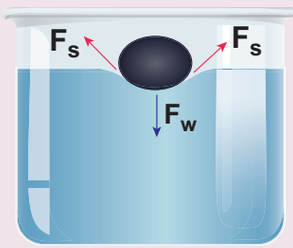


పటము 7.22 తలతన్యత కారణంగా వర్ణం వేసే బ్రష్ ప్రోగులు ఒకటిగా అతుకబడుట

కృత్యము

నీటి ఉపరితలంపై సూది త్రేలుట

కందెన పూయబడిన ఉక్కు సూదిని ఒక బ్లాటింగ్ కాగితంపై ఉంచి నీటి ఉపరితలంపై నిదానంగా వదలవలెను. కాగితము నీటిలో వేగముగా మునుగును. కాని సూది త్రేలుతూ వుండును.

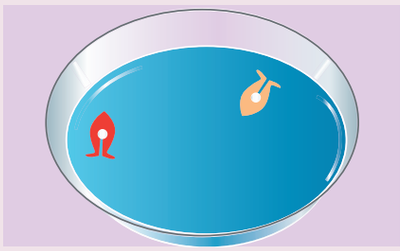


పటము 7.23 త్రేలుడు సూది

త్రేలుడు సూది నీటిలో కొంచెం లోవైపుకు దిగును. వక్రతలంలో తలతన్యత వలన F_s అనే బలములు పటము 7.23 లో చూపినట్లు వాలుగా ఉండును. ఈ రెండు బలముల లంబ అక్షములు సూది యొక్క బరువును సమతాస్థితిలో ఉంచును. ఇప్పుడు నీటిలో కొంత ద్రవ సోపును కలిపితే, సూది మునుగుటను చూడవచ్చును.

కృత్యము

ఒక ప్లాస్టిక్ కాగితమును తీసుకొని అందులో కొంత భాగమును పడవ రూపంలో కత్తరించవలెను. పటము 7.24 లో చూపినట్లు పడవ ముండు భాగము కోసుగాను, వెనుక భాగము కత్తిరించినట్లుగా (notch) ఉండవలెను. కత్తరించిన వెనుక భాగములో చిన్న కర్పూరము ముక్కను ఉంచుము. ఇప్పుడు పడవను నీటిలో వదిలితే కర్పూరము కరిగి పడవ ముందుకు సాగును. కర్పూరము కరిగినపుడు తలతన్యత తగ్గి కత్తరించబడిన వెనుక భాగము ప్రక్కన తలతన్యతలో మార్పు ఏర్పడును. ఇందువలన పడవ వెనుక భాగములో గల నీరు వెనుకకు ప్రవహించి ముందుకు సాగును.



పటము 7.24 కర్పూర పడవ

7.5.2 ద్రవ తలతన్యతను ప్రభావితం చేసే కారకాలు (Factors affecting the surface tension of a liquid)

ఇవ్వబడిన ద్రవము నందు తలతన్యత క్రింది సందర్భాలలో మార్పు చెందును.

1. మలిన వస్తువులు కలిసివుండే పరిమాణం ఆధారంగా తలతన్యత ప్రభావితం చేయును.
2. ద్రావణిలో కరిగియున్న ద్రావితమును బట్టి తలతన్యత విలువ ప్రభావితం అగును. ఉదాహరణకు ఎక్కువగా కరిగే సోడియం క్లోరైడు ($NaCl$) నీటిలో కలిపినపుడు, నీటి తలతన్యత అధికరించును. కాని తక్కువగా కరిగే ఫినాల్ లేదా సోపు ద్రావణము నీటిలో కలిపినపుడు నీటి తలతన్యతను తగ్గించును.
3. విద్యుదీకరణము తలతన్యతను ప్రభావితం చేయును. ఒక ద్రవమును విద్యుదావేశ పరిచినపుడు

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 73 17-03-2023 15:01:17

తలతన్యత తగ్గును. ద్రవమును విద్యుదావేశ పరిచినపుడు ద్రవ ఉపరితలము అధికమై తలతన్యత కుదించబడే ధర్మానికి వ్యతిరేకంగా పనిచేయును. కావున తలతన్యత తగ్గును.

4. ఉష్ణోగ్రత, ద్రవము యొక్క తలతన్యత మార్పులో ప్రాముఖ్యత వహిస్తున్నది. ఉష్ణోగ్రత అధికమైనపుడు, తలతన్యత దానికి తగిన విధంగా తగ్గును. $t\,^{o}C$ అనే తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో తలతన్యత $T_t = T_0\,(1-\alpha\, t)$.

ఇచ్చట T_0 అనునది $0^{o}C$ ఉష్ణోగ్రత వద్ద తలతన్యత మరియు α అనునది తలతన్యత యొక్క ఉష్ణోగ్రత గుణకము అగును. సందిగ్ధ ఉష్ణోగ్రత వద్ద తలతన్యత శూన్యము. ఎందుకనగా ద్రవము మరియు వాయువు మధ్య గల భాగము అదృశ్యమగును. ఉదాహరణకు నీటి సందిగ్ధ ఉష్ణోగ్రత $374^{o}C$ కావున ఆ ఉష్ణోగ్రతలో నీటి తలతన్యత శూన్యమగును. వాండర్‌వాల్ అనునతడు తలతన్యతకు, సందిగ్ధ ఉష్ణోగ్రతకు మధ్య సంబంధాన్ని తెలిపాడు.

$$T_t = T_0\left(1-\frac{t}{t_c}\right)^{\frac{3}{2}}$$

సాధారణీకరించగా

$$T_t = T_0\left(1-\frac{t}{t_c}\right)^{n}$$

ఇది చాలా ఖచ్చితమైన విలువ నిచ్చును. ఇచ్చట వేర్వేరు ద్రవాలకు n విలువ మారును. t మరియు t_c అనునవి కెల్విన్ కొలతలో వరుసగా ఉష్ణోగ్రత మరియు సంధ్రిద ఉష్ణోగ్రత అగును.

7.5.3 ఉపరితల శక్తి మరియు తలతన్యత (Surface energy (S.E.) and surface tension (S.T.)

ఒక పాత్రలో ఒక మాదిరి ద్రవమును ఊహించుకొనుము. ద్రవము యొక్క లోవైపు భాగములో గల అణువు దాని చుట్టు అన్ని దిశలలో వున్న అణువుల వలన లాగబడును. ద్రవ ఉపరితల వైశాల్యంలో వున్న అణువు దాని క్రింద గల అణువుల వలన లాగబడి మొత్తం క్రింది వైపు గల బలాన్ని పొందును. దీని ఫలితముగా ద్రవ ఉపరితలము పూర్తిగా లోవైపుకు లాగబడును. కావున ద్రవ ఉపరితలము కనిష్ఠ ఉపరితల వైశాల్యమును పొందుటకు ప్రయత్నించును. ఉపరితల వైశాల్యమును అధికరించుటకు వీలుగా లోవైపు నుండి కొన్ని అణువులు ఉపరితలమునకు వచ్చును. దీని కారణంగా ఆకర్షణ బలముకు వ్యతిరేకంగా ఒక పని జరుగును. ఈ విధముగా ద్రవ ఉపరితలములోనున్న అణువులు మిగిలిన అణువుల కంటే ఎక్కువ స్థితిజ శక్తిని పొందియుండును. ఇది ఉపరితల శక్తి అనబడును.

తలతన్యతకు వ్యతిరేకంగా ద్రవములో ఏకాంక వైశాల్యము నందు ఉపరితల వైశాల్యమును అధికరించుటకు చేయబడు పనిని ద్రవము యొక్క ఉపరితల శక్తి అని అందురు.

$$\text{ఉపరితల శక్తి} = \frac{\text{ఉపరితల వైశాల్యమును అధికరించుటకు చేయబడిన పని}}{\text{ఉపరితల వైశాల్యంలో అధికరింపు}}$$

$$= \frac{W}{\Delta A} \qquad (7.26)$$

దీని ప్రమాణము $J\,m^{-2}$ లేదా $N\,m^{-1}$.

తలతన్యత:

ద్రవము నందు ఏకాంక పొడవులో చేయబడు బలము లేదా ఏకాంక వైశాల్యమునకు గల శక్తిని తలతన్యత అని నిర్వచించబడును.

$$T = \frac{F}{l} \qquad (7.27)$$

T యొక్క SI ప్రమాణము $N\,m^{-1}$. మితి సూత్రము $M\,T^{-2}$.

తలతన్యతకు ఉపరితల శక్తికి మధ్యగల సంబంధము:

ABCD అనే దీర్ఘచతురస్ర చట్రము సోపు ద్రావణములో వున్నదనుకొందాం. (పటము 7.25) ఆ చట్రంలో AB అనే జరుపదగిన తీగ ఉన్నదనుకొందాం. తలతన్యత కారణంగా సోపు పొర AB ను లో వైపుకు లాగును. తలతన్యత వలన ఏర్పడిన బలము F మరియు AB పొడవు l అయితే

$$F = (2T)l$$

ఇచ్చట 2 అనే సంఖ్య పొర నందు గల రెండు వైశాల్యములను గుర్తిస్తున్నది. $A'B'$ అనే క్రొత్త స్థితి AB అనే తీగ Δx దూరము జరుగుతున్నదనుకుందాం. వైశాల్యము అధికరించుట వలన తలతన్యత

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 74 17-03-2023 15:01:18

కారణంగా లోవైపు బలానికి వ్యతిరేకంగా పనిచేయవలెను.

చేయబడిన పని = బలము × దూరము = $(2T\,l)$ (Δx)

పొర వైశాల్యము అధికరించినపుడు

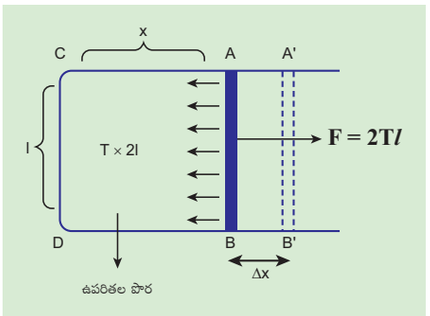
$$\Delta A = (2l)\,(\Delta x) = 2l\,\Delta x$$

కావున,

$$\text{ఉపరితల శక్తి} = \frac{\text{చేయబడిన పని}}{\text{ఉపరితల వైశాల్యంలో పెరుగుదల}}$$

$$= \frac{2Tl\Delta x}{2l\Delta x} = T \qquad (7.28)$$

కావున ఏకాంక వైశాల్యమునకు ఉపరితల శక్తి పరిమాణంలో తలతన్యతకు సమానమగును.



పటము 7.25 ABCD అనే దీర్ఘ చతురస్ర చట్రములో క్షితిజ తల సోపు పొర

గమనిక

ద్రవ బిందువు ఒకే ఒక ఉపరితల వైశాల్యమును మాత్రము పొందియుండును. కావున r వ్యాసార్ధము గల గోళపు ఆకార ద్రవ బిందువు యొక్క ఉపరితల వైశాల్యము $4\pi r^2$ అగును. కాని బుడగ రెండు ఉపరితల వైశాల్యములను కలిగియుండుట వలన గోళపు ఆకార బుడగ యొక్క మొత్తం ఉపరితల వైశాల్యము $2 \times 4\pi r^2$ కు సమానమగును.

ఉదాహరణ 7.10

ఒక సోపు బుడగ పొర వైశాల్యము 50cm^2 నుండి 100cm^2 కు అధికరించినపుడు చేయబడిన పని $2.4\times10^{-4}\,J$ అయితే సోపు ద్రావణములో తలతన్యతను లెక్కించుము.

సాధన:

సోపు బుడగ రెండు ఉపరితల వైశాల్యములను కలిగియుండడం వలన ఉపరితల వైశాల్యంలో ఏర్పడిన పెరుగుదల $\Delta A = A_2 - A_1 = 2(100-50)\times10^{-4}\text{m}^2 = 100\times10^{-4}\text{m}^2$.

కావున చేయబడిన పని $W = T\times\Delta A \Rightarrow T = \frac{W}{\Delta A}$

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

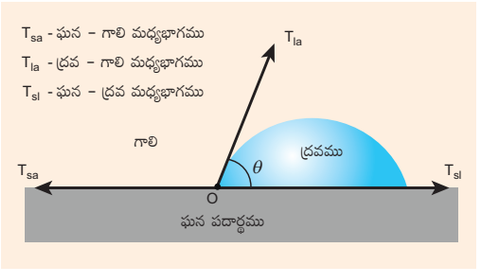
7.5.4 స్పర్శ కోణము (Angle of contact)

ద్రవ ఉపరితలము ఒక ఘన పదార్థమును తాకుతున్నపుడు, స్పర్శ బిందువు వద్ద ద్రవ ఉపరితలము వంగినట్లు ఉండును. ద్రవ ఉపరితలము వంగిన ప్రతిసారి రెండు యానకాల మధ్య (ఘన–ద్రవ మధ్యభాగం) కోణము ఏర్పడును. ఉదాహరణకు ఒక గాజు గొట్టము పటములో చూపినట్లు దాని భుజాలు నిటారుగా ఉండునట్లు ద్రవములో ఉంచితే, ద్రవము గాజు గొట్టములో పై వైపుకు లాగబడుటను గమనించవచ్చును. ఇదే విధముగా ద్రవముకు బదులుగా గాజు గొట్టమును పాదరసములో ఉంచితే ఉపరితలము వంగి వుండును. కాని ఈ వంపు పటము 7.29 లో చూపినట్లు అదుమబడి వుండును. స్పర్శ బిందువులో ద్రవ ఉపరితలముకు గీయబడిన స్పర్శరేఖకు, ఘన పదార్థ తలమునకు మధ్యగల కోణమును (θ) స్పర్శ కోణము అందురు. (గ్రీకు అక్షరము 7.29 ను 'తీటా' అని పలుకవలెను)

ఈ విలువ ప్రతి ఒక్క ఘన మరియు ద్రవ జంటల మధ్య భాగము ఆధారంగా మార్పు చెందును. ఒక ద్రవము ఘన పదార్థముపై వ్యాపించడము లేదా బిందువుగా మారడము స్పర్శ కోణ విలువపై ఆధారపడియుండును.

స్పర్శ బిందువు 'O' ఆధారంగా ద్రవ–గాలి, ఘన–గాలి, ఘన–ద్రవము మధ్య గల భాగాలను ఊహిద్దాం. ఈ మధ్య భాగముల తలతన్యతలు పటము (7.26) లో చూపినట్లు వరుసగా T_{sa}, T_{sl} T_{la} అగును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 75 17-03-2023 15:01:19



పటము 7.26 ద్రవము యొక్క స్పర్శ కోణము

ద్రవము సమతాస్థితి ఆధారంగా స్థిరత్వంగా వుంటే, పై మూడు మధ్య ప్రాంతములు మధ్య గల తలతన్యత బలములు సమతాస్థితిలోనే ఉండును. కావున,

$$T_{sa} = T_{la}\cos\theta + T_{sl} \Rightarrow \cos\theta = \frac{T_{sa} - T_{sl}}{T_{la}} \quad (7.29)$$

పై సమీకరణము నుండి మూడు రకాలైన సందర్భాలను గూర్చి క్రింద వివాదించడమైనది.

1. $T_{sa} > T_{sl}$ మరియు $T_{sa} - T_{sl} > 0$ (నీరు – ప్లాస్టిక్ మధ్య భాగము) ఇచ్చట స్పర్శ కోణము θ అల్ప కోణము ($\theta < 90°$) మరియు $\cos\theta$ ధనాత్మక విలువ పొందును.

2. $T_{sa} < T_{sl}$ మరియు $T_{sa} - T_{sl} < 0$ (నీరు – పత్రము మధ్య భాగము) ఇచ్చట స్పర్శ కోణము θ గురు కోణము ($\theta > 90°$) మరియు $\cos\theta$ ఋణాత్మక విలువ పొందును.

3. $T_{sa} > T_{la} + T_{sl}$ అయితే సమతాస్థితి లేకుండా ద్రవము ఘన పదార్థముపై వ్యాపించును.

ఘన–ద్రవ మధ్య భాగములో గల స్పర్శ కోణము మన నిత్య జీవితంలో చాలా ప్రాముఖ్యతను కలిగియున్నది. ఉదాహరణకు సోపులు, డిటర్జెంట్‌లు, తడిచేసే కారకాలు. ఇవి ఒక నీటి ద్రావణంలో కలిపినపుడు అవి స్పర్శ కోణాన్ని తగ్గించుటకు ప్రయత్నించును. కాబట్టి దుస్తులలో బాగుగా చొచ్చుకొనిపోయి మరకలను పోగొట్టును. నీటిని లోపలకు అనుమతించని (water proof) రంగులు భవనములకు వెలుపల పూయబడును. అందువలన వర్షము పడినపుడు నీటికి, రంగు పూయబడిన తలమునకు మధ్య గల స్పర్శ కోణమును అధికరించును.

7.5.5 ద్రవ బిందువు, సోపు బుడగ మరియు గాలి బుడగ లోవైపు గల అధిక పీడనము (Excess of pressure inside a liquid drop, a soap bubble, and an air bubble)

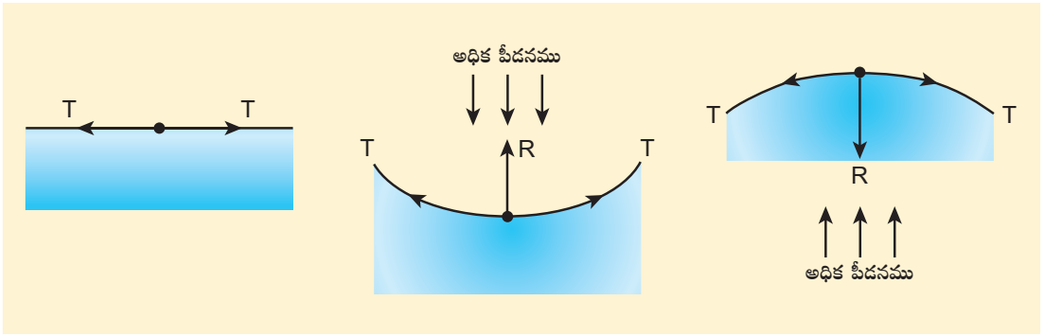
ద్రవము యొక్క ఉపరితలము ఒక ఘన పదార్థమును తాకినపుడు, ద్రవ ఉపరితలము వంగినట్లు ఉండునని మనకు తెలుసును. ద్రవ గాలి మరియు ద్రవ వాయువు మధ్య గల స్వభావము ఆధారంగా తలతన్యత యొక్క పరిమాణ విలువ మార్పు చెందును. తలతన్యత వలన పై చెప్పబడిన మధ్య భాగములో శక్తిని పొందియున్నది. నిర్ణీత ఘనపరిమాణంలో ఉపరితలము, చాలా తక్కువ వైశాల్యముతో కనిష్ఠ శక్తిని పొందియుండును. కావున ద్రవ బిందువు గోళపు ఆకారాన్ని పొందియుండును. (తక్కువ వ్యాసార్ధమునకు)

ద్రవ ఉపరితలము వంగినట్టుంటే ద్రవము యొక్క లోవైపు మరియు వెలుపల వైపు ఉపరితలము మధ్య పీడన భేదము ఏర్పడును (పటము 7.27)

1. ద్రవ ఉపరితలము సమతలముగా ఉంటే, తలతన్యత వలన ఏర్పడిన బలాలు (T, T) ద్రవ ఉపరితలంపై స్పర్శరేఖ గుండా వ్యతిరేకంగా పనిచేయును. కావున అణువుపై ఫలిత బలము శూన్యమగును. సమతల ద్రవ ఉపరితలములో ద్రవ భుజము యొక్క పీడనము వాయు భుజ పీడనానికి సమానమగును.

2. ద్రవ ఉపరితలము వంగినట్లు ఉంటే ద్రవ ఉపరితలంలో వున్న ప్రతి ఒక్క అణువులు ఉపరితల స్పర్శరేఖ గుండా తలతన్యత వలన (F_T, F_T) అనే బలాలను పొందియుండును. ఈ బలాలను రెండు దీర్ఘ చతురస్ర అంశాలుగా విభజిస్తే, క్షితిజ అంశాలు ఒకదాని కొకటి సమానమై శూన్యమగును. కాని లంబ అంశాలు

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 76 17-03-2023 15:01:20



పటము7.27 ద్రవ ఉపరితలముపై అధిక పీడనము

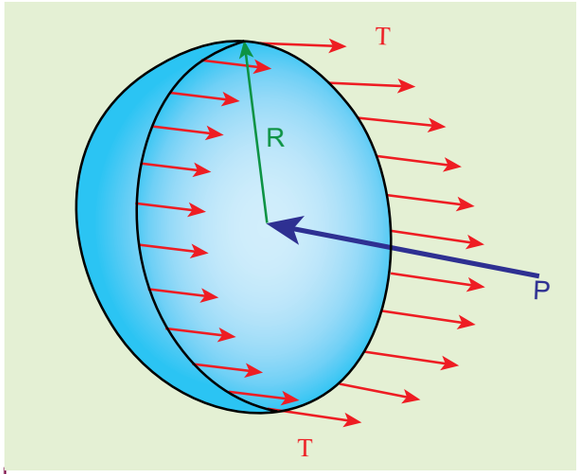
కూడబడును. కావున తలముకు లంబముగా పనిచేయబడు ఫలిత బలము ద్రవము యొక్క వక్రతలముపై పనిచేయును. ఇందువలన ఒక కుంభాకార ఉపరితలముపై పనిచేయబడు ఫలిత బలము వక్ర కేంద్రము వైపుకు లోవైపున ఒక పుటాకార ఉపరితలముపై పనిచేయబడు ఫలిత బలము వక్ర కేంద్రము వైపుకు వెలుపల వైపున పనిచేయును. కాబట్టి ద్రవము యొక్క వక్ర ఉపరితలము సమతాస్థితిలో నుండుటకు పుటాకార భుజముపై పీడనము కుంభాకార భుజము పై పీడనము కంటే ఎక్కువగా నుండును.

బుడగ మరియు ద్రవ బిందువు లోవైపు గల అధిక పీడనము:

చిన్న బుడగలు మరియు ద్రవ బిందువులు తలతన్యత వలన గోళము ఆకారమును పొందియుండును. ద్రవ బిందువు బుడగలలో లోవైపు పీడనము వెలు వైపు పీడనము కంటే ఎక్కువగా నుండుట వలన బుడగ లేదా ద్రవ బిందువు పగులుట లేదు.

1. ద్రవము నందు గాలి బుడగ లోవైపు గల అధిక పీడనము:

పటము 7.28 (అ) లో చూపినట్లు R వ్యాసార్ధము గల గాలి బుడగ T తలతన్యత గల ద్రవములో ఉన్నదనుకొందాం. P_1 మరియు P_2 అనునది వరుసగా బుడగలో వెలుపలి వైపు మరియు లోవైపు గల పీడనము అగును. ఇప్పుడు బుడగ లోవైపు గల అధిక పీడనము $\Delta P = P_1 - P_2$.



పటము 7.28 (అ) గాలి బుడగ

గాలి బుడగ లోవైపు అధిక పీడనమును కనుగొనుటకు దానిపై పనిచేయు బలాలను గమనిద్దాం. అర్ధ గోళపు ఆకార బుడగలో గల బలాలను గమనించినపుడు,

1. $2\pi R$ పొడవు గల అంచు చుట్టు కుడివైపు తలతన్యత వలన పనిచేయబడు బలము $F_T = 2\pi RT$
2. πR^2 అడ్డుకోత వైశాల్యములో కుడివైపు పనిచేయు బాహ్య పీడనము P_1 వలన ఏర్పడిన బలము $F_{P_1} = P_1\pi R^2$
3. P_2 అనే లోవైపు పీడనము వలన ఏర్పడే ఎడమవైపు పనిచేసే బలము $F_{P_2} = P_2\pi R^2$.

ఈ బలముల వలన గాలి బుడగ సమతాస్థితిలో నుండును. కాబట్టి $F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$

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

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 77 17-03-2023 15:01:20

అధిక పీడనము $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{2T}{R}$ (7.30)

2. సోపు బుడగ లోవైపు గల అధిక పీడనము:

పటము 7.28 (ఆ) లో చూపినట్లు R వ్యాసార్ధము, T తలతన్యత గల సోపు బుడగను ఊహించుకొందాం. సోపు బుడగ గాలితో, బుడగ యొక్క లోవైపు మరియు బుడగ యొక్క వెలుపలివైపు అనే రెండు తలములలో స్పృశించును. కావున తలతన్యత వలన ఏర్పడిన బలము $2\times2\pi RT$ సోపు బుడగపై పనిచేయు వివిధ బలములు.

i) తలతన్యత వలన కుడివైపు పనిచేయు బలము $F_T=4\pi RT$

ii) వెలుపలివైపు పీడనము వలన కుడివైపు పనిచేయు బలము $F_{P_1} = P_1\pi R^2$

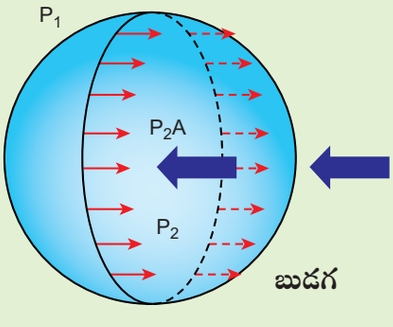
iii) లోవైపు పీడనము వలన ఎడమవైపు పనిచేయు బలము $F_{P_2} = P_2\pi R^2$

బుడగ సమతాస్థితిలో ఉండడం వలన $F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$

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

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

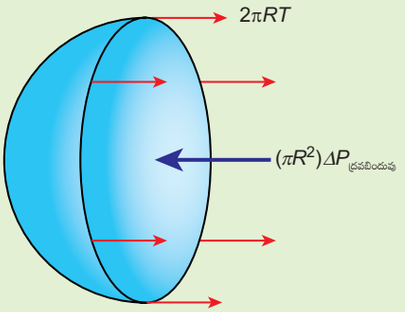
అధిక పీడనము $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R}$ (7.31)



పటము7.28 (ఆ) సోపు బుడగ

3. ద్రవ బిందువు లోవైపు అధిక పీడనము

పటము 7.28 (ఇ) లో చూపినట్లు R వ్యాసార్ధము T తలతన్యత గల ద్రవ బిందువును ఊహించుకుందాం.



పటము7.28 (ఇ) ద్రవ బిందువు

ద్రవ బిందువుపై పనిచేయబడు వివిధ బలములు

i) తలతన్యత వలన కుడివైపు పనిచేయు బలము $F_T=2\pi RT$

ii) వెలుపల పీడనము వలన కుడివైపు పనిచేయు బలము $F_{P_1} = P_1\pi R^2$

iii) లోవైపు పీడనము వలన ఎడమవైపు పనిచేయు బలము $F_{P_2} = P_2\pi R^2$

ద్రవ బిందువు సమతాస్థితిలో నున్నందు వలన, $F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$

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

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

అధిక పీడనము $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{2T}{R}$ (7.32)

మీకు తెలుసా?

ద్రవ బిందువు వ్యాసార్ధము తక్కువగా వుంటే, ద్రవ బిందువు యొక్క అధిక పీడనము ఎక్కువగా వుండును. ఈ అధిక పీడనము వలన చిన్న మంచు బిందువులు ఘన పదార్థముల వలె గట్టిగా ఉన్నవి.

ఒక ఐస్ స్కేటర్ (ice-skater) మంచు గడ్డపై జారునపుడు పదునైన లోహపు జారెడు కొనల వలన ఏర్పడిన పీడనము మంచు గడ్డను కొంత కరుగునట్లు చేయును. కాని మంచు బిందువులు బలమైన బంతి బేరింగు (ball- bearings) లాగ పనిచేసి మృధువుగా జారుటకు ఉపయోగపడును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 78 17-03-2023 15:01:21

ఉదాహరణ 7.11

0.8 సాపేక్ష సాంద్రత గల $4mm$ ఎత్తు గల నూనె స్తంభం వలన $R = 2.0\,cm$ వ్యాసార్ధము గల సోపు బుడగ యొక్క అధిక పీడనము సమతుల్యము చేయబడితే, సోపు బుడగ యొక్క తలతన్యతను లెక్కించుము.

సాధన:

సోపు బుడగ లోవైపు అధిక పీడనము

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R}$$

కాని $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho gh \Rightarrow \rho gh = \frac{4T}{R}$

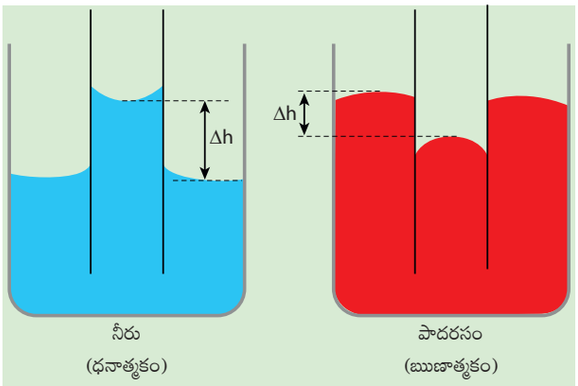
$\Rightarrow$ తలతన్యత,

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

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

7.5.6 కేశనాళికీయత (Capillarity)

లాటిన్ పదము కేపిల్లా (capilla) అనగా వెంట్రుక అని అర్థము. గొట్టములు వెంట్రుక వలె సన్నముగా వుంటే ద్రవము పైకి ఎగబ్రాకడం అధికంగా ఉండును. చాలా తక్కువ వ్యాసార్ధము కలిగియున్న గొట్టమును 'కేశనాళిక గొట్టము' అనబడును. ఇరువైపులా తెరువబడిన గాజు కేశనాళిక గొట్టమును నీటిలో అభిలంబముగా అదిమినపుడు నీరు గొట్టములో పై వైపుకు ఎగబ్రాకును. గొట్టములో నీటి మట్టము వెలుపల వున్న మట్టము కంటే ఎక్కువగా ఉండును. కేశనాళిక గొట్టమును పాదరసంలో అదిమినపుడు పాదరసము గొట్టములో క్రింది వైపుకు దిగును. అనగా గొట్టములో పారసపు మట్టము వెలుపల మట్టము కంటే తక్కువగా వుండును. (పటము 7.29 లో చూపినట్లు) ద్రవము మరియు ఘన పదార్థము కలిసే సంధి వద్ద స్పర్శ కోణము 90° కంటే తక్కువగా వుంటే, కేళనాళికలో ద్రవము ఎగబ్రాకును. ద్రవము మరియు ఘన పదార్థము కలిసే సంధి వద్ద స్పర్శ కోణము 90° కంటే ఎక్కువగా వుంటే, కేశనాళికలో ద్రవము క్రింది వైపుకు చలించును. ఒక అభిలంబ గొట్టములో ద్రవము ఎగబ్రాకడం లేదా క్రింది వైపుకు చలించడమును కేశనాళికీయత లేదా కేశనాళిక చర్య అంటారు. కేశనాళిక గొట్టము యొక్క వ్యాసము ఆధారంగా ద్రవము వివిధ ఎత్తులు ఎగబ్రాకును లేదా క్రిందికి చలించును.

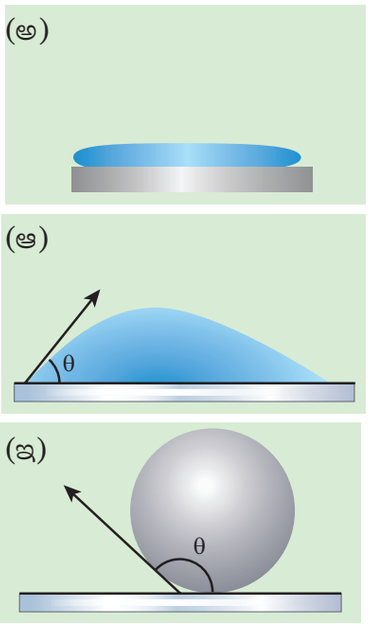


పటము 7.29 కేశనాళికతో ద్రవము ఎగబ్రాకడం లేదా క్రింది వైపుకు చలించుట

పట్టిక 7.4 కేశనాళికలో ద్రవము ఎగబ్రాకుట లేదా దిగబడుట

స్పర్శ కోణం	బలము		తడుచు పరిమాణం	వక్రతలము	కేశనాళిక గొట్టములో ద్రవము ఎగబ్రాకుట లేదా దిగబడుట
	సంసంజన బలం	అసంజన బలం			
θ=0 (A)	బలహీనమైనది	బలమైనది	పూర్తిగా తడుచును	సమతలం	ఎగబ్రాక లేదు, క్రింది వైపుకు చలించ లేదు
θ<90 (B)	బలహీనమైనది	బలమైనది	ఎక్కువ	పుటాకార	ద్రవము ఎగబ్రాకుట
θ>90 (C)	బలమైనది	బలహీనమైనది	తక్కువ	కుంభాకార	ద్రవము క్రింది వైపుకు చలించుట

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 79 17-03-2023 15:01:22



పటము 7.30 (అ) వెండి ఉపరితలముపై నీరు (ఆ) గాజు పల్లెంపై నీరు (ఇ) గాజుపై పాదరసము

కేశనాళికీయత యొక్క ప్రయోగాత్మక అనువర్తనాలు:

- కేశనాళికీయత కారణంగా దీపంలో గల నూనె ఒత్తులలో పైకి ఎగబ్రాకును. అదే విధంగా మొక్కలలో కణ ద్రవ్యము వేర్ల నుండి పత్రాలు మరియు శాఖలకు పైకి ఎగబ్రాకును.
- అద్దుడు కాగితము సిరాను శోషించడం.
- కంటి నుండి కన్నీరు అవిచ్ఛిన్నంగా కారుటకు కేశనాళిక చర్య అవసరమగును.
- వేసవి కాలములో నూలు దుస్తులను ధరిస్తాము. ఎందుకనగా నూలు దుస్తులలో గల సన్నని రంధ్రాలు స్వేదాన్ని పీల్చు కేశనాళికలుగా పనిచేయును.

7.5.7 కేశనాళిక ఎగబ్రాకు పద్ధతిలో తలతన్యతను కనుగొనుట (Surface Tension by capillary rise method)

ద్రవము గాలి కలిసిన చోట గల వక్రతలముపై ఏర్పడిన పీడన భేదము ద్రవము కేశనాళిక గొట్టములో ఎగబ్రాకుటకు కారణంగా ఉండును. (గురుత్వ త్వరణ ప్రభావం లేదనుకుందాం) చాలా సన్నని గొట్టములలో కేశనాళికీయత ఎక్కువగా నుండును. ఈ దృగ్విషయము తలతన్యత వలన జరుగును. కేశనాళిక ఎగబ్రాకుట (h) కు, తలతన్యత (T) కు మధ్య గల సంబంధమును క్రింది విధంగా పొందుదాం. ఒక పాత్రలో గల నీటిలో కేశనాళిక గొట్టమును అదిమి ఉంచినట్లు అనుకుందాం. కేశనాళికా గొట్టములో నీరు తలతన్యత వలన h ఎత్తుకు ఎగబ్రాకును (పటము 7.31). తలతన్యత వలన ఏర్పడిన బలము F_T అనునది స్పర్శ బిందువులో స్పర్శ రేఖ గుండా క్రింది వైపుకు దాని వ్యతిరేఖ బలము పై వైపుకు పనిచేయును. తలతన్యత T అనునది రెండు అంశములుగా విభజించబడినది.

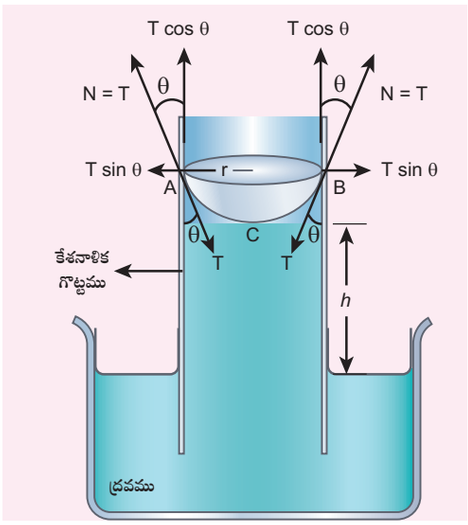
i) క్షితిజతల అంశము $T\sin\theta$ మరియు

ii) లంబ తల అంశము $T\cos\theta$ వక్రతలము అర్ధచంద్రాకారం (meniscus) యొక్క చుట్టుకొలత పూర్తిగాను పై వైపుకు పనిచేయును.

$$\text{మొత్తం పై వైపు బలము}$$
$$= (T\cos\theta)\,(2\pi r) = 2\pi r T\cos\theta$$

ఇచ్చట θ అనునది స్పర్శ కోణము r అనునది గొట్టము యొక్క వ్యాసార్ధము అగును. ρ అనునది నీటి సాంద్రత మరియు h అనునది గొట్టములో నీరు ఎగబ్రాకు ఎత్తు, అయితే,

$$\begin{pmatrix}\text{గొట్టములో నీటి}\\ \text{స్తంభ}\\ \text{ఘనపరిమాణము V}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{r వ్యాసార్ధము h ఎత్తు గల నీటి}\\ \text{స్తంభము యొక్క}\\ \text{ఘనపరిమాణము}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{r వ్యాసార్ధము h ఎత్తు గల నీటి}\\ \text{స్తంభం యొక్క ఘనపరిమాణము -r}\\ \text{వ్యాసార్ధము గల అర్ధగోళము యొక్క}\\ \text{ఘనపరిమాణము.}\end{pmatrix}$$



పటము 7.31 తలతన్యత వలన కేశనాళికలో ద్రవము ఎగబ్రాకడం

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 80 17-03-2023 15:01:23

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

పై వైపు గల బలము నీటి ఉపరితలము పైన గొట్టములో ఎగబ్రాకియున్న నీటి స్తంభం బరువును సమతుల్యం చేయును.

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

కేశనాళిక గొట్టము చాలా సన్నని r వ్యాసార్ధము కలిగియుంటే (వ్యాసార్ధము చాలా తక్కువ) ఎత్తు h తో పోల్చినపుడు $\frac{r}{3}$ అనునది ఉపేక్షించవచ్చును, కావున

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

ద్రవము h ఎత్తుకు ఎగబ్రాకినపుడు

$$h=\frac{2T\cos\theta}{r\rho g}\Rightarrow h\propto\frac{1}{r} \qquad (7.34)$$

కేశనాళికలో ద్రవము ఎగబ్రాకిన ఎత్తు (h) గొట్టము వ్యాసార్ధము (r) నకు విలోమాను పాతంలో నుండును అని తెలియుచున్నది. అనగా గొట్టము యొక్క వ్యాసార్ధము తగ్గినపుడు కేశనాళికీయత పెరుగును.

ఉదాహరణ 7.12

కేశనాళిక గొట్టములో నీరు 2.0cm ఎత్తుకు ఎగబ్రాకినపుడు, ఈ గొట్టము యొక్క వ్యాసార్ధము వలె మూడింటిలో ఒక భాగము వ్యాసార్ధము గల మరొక కేశనాళిక గొట్టములో నీరు ఎంత ఎత్తుకు ఎగబ్రాకును?

సాధన

సమీకరణము (7.34) నుండి

$$h\propto\frac{1}{r}\Rightarrow hr=\text{స్థిరాంకము}$$

r_1, r_2 వ్యాసార్ధము గల కేశనాళిక గొట్టములు ద్రవములో ఉంచినపుడు కేశనాళికలో నీటి ఎత్తు వరుసగా h_1, h_2 అయితే

$$h_1 r_1=h_2 r_2=\text{స్థిరాంకము}$$

$$\Rightarrow\ h_2=\frac{h_1 r_1}{r_2}=\frac{\left(2\times10^{-2}m\right)\times r}{\frac{r}{3}}\Rightarrow h_2=6\times10^{-2}\text{m}$$

ఉదాహరణ 7.13

సోడా లైమ్ గాజుకు పాదరసముకు మధ్య గల స్పర్శ కోణము 140°. ఒక పాదరసం గల పాత్రలో 2 mm వ్యాసార్ధము గల అదే గొట్టముతో చేయబడిన కేశనాళిక గొట్టము అదిమి ఉంచబడినది. ద్రవము యొక్క బాహ్య ఉపరితలము ఆధారంగా గొట్టములో పాదరసపు మట్టము ఎంత తగ్గును? పాదరసం యొక్క తలతన్యత T=0.456 N m^{-1}; పాదరసం యొక్క సాంద్రత ρ = 13.6 × 10^3 kg m^{-3}

సాధన

కేశనాళికలో ద్రవము క్రింది వైపుకు చలించుట,

$\cos140=\cos(90+50)-\sin50=-0.7660$

$$h=\frac{2T\cos\theta}{r\rho g}=\frac{2\times(0.456N\,m^{-1})(\cos140^0)}{(2\times10^{-3}m)(13.6\times10^3)(9.8ms^{-2})}$$

$$=\frac{2\times0.456\times(-0.7660)}{2\times13.6\times9.8}$$

$$=\frac{-0.6986}{266.56}=-2.62\times10^{-3}m$$

ఇచ్చట ఋణాత్మక గుర్తు గాజు గొట్టములో పాదరస మట్టము క్రింది వైపుకు చలించుటను తెలుపుతున్నది.

7.5.8 తలతన్యత యొక్క అనువర్తనాలు:

- దోమలు నీటి ఉపరితలంపై గ్రుడ్లు పెట్టును. నీటి తలతన్యతను తగ్గించుటకు కొద్దిగా నూనె పోయబడును. ఇది నీటి ఉపరితలంలో స్థితిస్థాపక పొరను చీల్చడం వలన దోమ గ్రుడ్లు నీటిలో మునిగి నశింపబడును.
- రసాయన సాంకేతిక నిపుణులు నీటి బిందువులు రూపొందించబడిన రూపములో వుంటూ తలము ఒకే ఏక రీతిగా అంటుకొను విధముగా దాని తలతన్యతను మృధువైన పరిమాణంలో మార్చుదురు. ఇది అలంకరణ వస్తువులలో రంగు పూయుటకు ఉపయోగపడును.
- దుస్తులు ఉతుకునపుడు వేడి నీళ్ళలో డిటర్జెంట్లు కలపడం వలన నీటి తలతన్యత తగ్గి మురికి కణములు విడగొట్టబడును.
- నీరు అతుకని దుస్తులు తయారు చేయునపుడు నీరు అతుకని వస్తువు (మైనము)ను దుస్తులతో చేర్చబడును. ఇది స్పర్శ కోణమును అధికరించును.

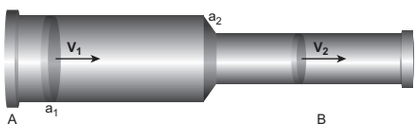
11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 81 17-03-2023 15:01:25

7.6 బెర్నౌలీ సిద్ధాంతము (BERNOULLI'S THEOREM)

7.6.1 అవిచ్ఛిన్న స్థిరాంక సమీకరణము (Equation of continuity)

ఒక గొట్టము గుండా ప్రవహించే ద్రవ ద్రవ్యరాశి మార్పు రేటును తెలుసుకొనుటకు ద్రవము ఏకరీతి ప్రవాహంలో ఉన్నట్లు అనుకొందాం. ద్రవప్రవాహము ఏకరీతిగా ఉండుటకు ప్రవహించే ద్రవములో ప్రతి ఒక్క బిందువులోను దిశావేగము కాలము ఆధారంగా స్థిరంగా ఉండవలెను. ఈ నిబంధనలో ద్రవ ప్రవాహము స్తరీయ ప్రవాహముగా నుండును.

ఏకరహిత అడ్డుకోత వైశాల్యము a_1 మరియు a_2 (అనగా $a_1 > a_2$) గల AB అనే గొట్టమును ఊహించుకొందాం. స్నిగ్ధతలేని, అదుముటకు వీలుకాని ద్రవము ఏకరీతిగా v_1 మరియు v_2 అనే దిశావేగముతో వరుసగా a_1 మరియు a_2 వైశాల్యం గుండా పటము 7.32 లో చూపినట్లు ప్రవహిస్తున్నది.



పటం 7.32 ఏకరహిత అడ్డుకోత వైశాల్యం గల ఒక గొట్టము గుండా చలించే ప్రవాహి యొక్క స్తరీయ ప్రవాహం

Δt అనే కాలములో A అనే భాగము గుండా ప్రవహించే ద్రవము యొక్క ద్రవ్యరాశి m_1 అయితే $m_1 = (a_1 v_1 \Delta t)\ \rho$

Δt అనే కాలములో B అనే భాగము గుండా ప్రవహించే ద్రవము యొక్క ద్రవ్యరాశి m_2 అయితే $m_2 = (a_2 v_2 \Delta t)\ \rho$

అదుముటకు వీలుకాని ద్రవములో ద్రవ్యరాశి స్థిరము $m_1 = m_2$

$$a_1 v_1 \Delta t\ \rho = a_2 v_2 \Delta t\ \rho$$

$$a_1 v_1 = a_2 v_2 \Rightarrow a\,v = \text{స్థిరాంకము} \qquad (7.35)$$

ఇది అవిచ్ఛిన్న స్థిరాంక సమీకరణము అగును. ఇది ప్రవహించే ప్రవాహి యొక్క ద్రవ్యరాశి నిత్యత్వంగా నుండుటను సూచిస్తున్నది. సాధారణంగా $a\,v$ = స్థిరాంకము, అనగా గొట్టము పూర్తిగా ద్రవ ప్రవాహ రేటు స్థిరాంకము అని అర్థము. వేరు విధంగా, తక్కువ అడ్డుకోత వైశాల్యము గుండా ప్రవాహి దిశావేగము ఎక్కువగా ఉండునని కూడా చెప్పవచ్చును.

ఉదాహరణ 7.14

ఒక సాధారణ మానవుని బృహద్ధమని ద్వారా రక్త ప్రవాహ వేగము $0.33\ \text{ms}^{-1}$ (వ్యాసార్ధము $r = 0.8$ cm). బృహద్ధమని నుండి 0.4 cm వ్యాసార్ధము గల 30 సంఖ్యలో గల పెద్ద ధమనులకు రక్తము ప్రవహిస్తున్నది. ధమనుల గుండా ప్రవహించే రక్తము యొక్క వేగాన్ని లెక్కించుము.

సాధన

$$a_1 v_1 = 30\ a_2 v_2 \Rightarrow \pi r_1^2 v_1 = 30\ \pi r_2^2 v_2$$

$$v_2 = \frac{1}{30}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 v_1$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{1}{30} \times \left(\frac{0.8\times10^{-2}\,\text{m}}{0.4\times10^{-2}\,\text{m}}\right)^2 \times (0.33\,\text{ms}^{-1})$$

$$v_2 = 0.044\ \text{m s}^{-1}$$

7.6.2 ద్రవముల పీడన, గతిజ మరియు స్థితిజ శక్తి

ఏకరీతిగా ప్రవహించే ద్రవమునకు మూడు రకాలైన శక్తులు గలవు. అవి 1. గతిజ శక్తి 2. స్థితిజ శక్తి మరియు 3. పీడన శక్తి అగును.

i) **గతిజ శక్తి:** m ద్రవ్యరాశి v దిశావేగము గల ద్రవము యొక్క గతిజశక్తి

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

ఏకాంక ద్రవ్యరాశికి గతిజశక్తి =

$$\frac{KE}{m} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{m} = \frac{1}{2} v^2$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 82 17-03-2023 15:01:26

అదే విధంగా ఏకాంక ఘనపరిమాణముకు గతిజశక్తి

$$= \frac{KE}{\text{ఘన పరిమాణము}} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{V} = \frac{1}{2}\left(\frac{m}{V}\right)v^2 = \frac{1}{2}\rho v^2$$

ii) **స్థితిజ శక్తి:** నేల మట్టము నుండి h ఎత్తులో m ద్రవ్యరాశి గల ద్రవము యొక్క స్థితిజ శక్తి.

$$PE = mgh$$

ఏకాంక ద్రవ్యరాశికి స్థితిజ శక్తి

$$= \frac{PE}{m} = \frac{mgh}{m} = gh$$

అదే విధముగా ఏకాంక పరిమాణముకు

$$\text{స్థితిజశక్తి} = \frac{PE}{\text{ఘన పరిమాణము}} = \frac{mgh}{V} = \left(\frac{m}{V}\right)gh = \rho gh$$

iii) **పీడన శక్తి:** ద్రవముపై పీడనము పనిచేయుట వలన

$$\text{పీడనము} = \frac{\text{బలము}}{\text{వైశాల్యం}} \Rightarrow \text{బలము} = \text{పీడనము} \times \text{వైశాల్యం}$$

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

$$\Rightarrow F \times d = \mathrm{W} = \mathrm{P\,V} = \text{పీడన శక్తి}$$

కావున పీడన శక్తి, $E_P = PV$

ఏకాంక ద్రవ్యరాశికి పీడన శక్తి =

$$\frac{E_P}{m} = \frac{\mathrm{PV}}{m} = \frac{\mathrm{P}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{V}}} = \frac{\mathrm{P}}{\rho}$$

అదే విధముగా ఏకాంక ఘనపరిమాణముకు పీడన

$$\text{శక్తి} = \frac{E_P}{\text{ఘన పరిమాణము}} = \frac{PV}{V} = P$$

7.6.3 బెర్నౌలీ సిద్ధాంతము మరియు దాని అనువర్తనాలు

1738 వ సంవత్సరం స్విట్జర్లాండ్ దేశ విజ్ఞాన శాస్త్రవేత్త డేనియల్ బెర్నౌలీ అనునతడు వివిధ అడ్డుకోత వైశాల్యము గల గొట్టములు గుండా ప్రవహించే ద్రవము యొక్క స్థరీయ ప్రవాహముకు సంబంధాన్ని రూపొందించారు. శక్తి నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం అతను ద్రవము యొక్క స్థరీయ ప్రవాహముకు సంబంధాన్ని రూపొందించారు.

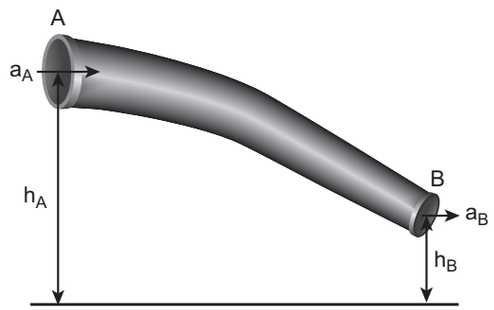
బెర్నౌలీ సిద్ధాంతము

బెర్నౌలీ సిద్ధాంతము ప్రకారము స్థరీయ ప్రవాహములో అదుముటకు వీలుకాని, స్నిగ్ధత లేని ఏకాంక ద్రవ్యరాశి గల ద్రవము యొక్క పీడన శక్తి, గతిజ శక్తి మరియు స్థితిజ శక్తుల మొత్తము స్థిరాంకము అగును. గణిత పద్ధతి ప్రకారం

$$\frac{P}{\rho} + \frac{1}{2}v^2 + gh = \text{స్థిరాంకము} \qquad (7.36)$$

ఇది బెర్నౌలీ సమీకరణము అగును.

నిరూపణ:



పటము 7.33 AB అనే గొట్టము గుండా ప్రవహించే ద్రవము

పటము 7.33 లో చూపినట్లు AB అనే గొట్టము గుండా ద్రవము ప్రవహిస్తున్నదని అనుకొందాం. ఇచ్చట V అనునది A కొన గుండా t కాలములో ప్రవేశించే ద్రవ ఘనపరిమాణము అగును. B కొన ద్వారా అదే కాలములో వెలుపలి ద్రవము యొక్క ఘనపరిమాణము V అగును. a_A, v_A మరియు P_A అనునవి A కొనలో వరుసగా గొట్టము యొక్క అడ్డుకోత వైశాల్యము ద్రవ దిశావేగము మరియు ద్రవ పీడనము అని అనుకొందాం.

A కొనలో ద్రవము కలిగించిన బలము

$$F_A = P_A a_A$$

t కాలములో ద్రవము పయనించిన దూరము

$$d = v_A\, t$$

కావున, చేయబడిన పని

$$W = F_A d = P_A a_A v_A\, t$$

కాని $a_A v_A t = a_A d = V$ ఇది A కొన గుండా ప్రవహించే ద్రవము యొక్క ఘనపరిమాణము అగును. కావున చేయబడిన పని A కొన వద్ద పీడన శక్తిగా ఉండును. $W = F_A d = P_A V$

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 83 17-03-2023 15:01:28

A కొనలో ఏకాంక ఘనపరిమాణముకు పీడన శక్తి

$$\frac{\text{పీడన శక్తి}}{\text{ఘన పరిమాణం}} = \frac{P_A V}{V} = P_A$$

A కొనలో ఏకాంక ద్రవ్యరాశికి పీడన శక్తి

$$\frac{\text{పీడన శక్తి}}{\text{ద్రవ్యరాశి}} = \frac{P_A V}{m} = \frac{P_A}{\frac{m}{V}} = \frac{P_A}{\rho}$$

ఇచ్చట m అనునది t కాలములో A కొనలో ప్రవహించే ద్రవము యొక్క ద్రవ్యరాశి. కావున A కొనలో ద్రవము యొక్క పీడన శక్తి

$$E_{PA} = P_A V = P_A V \times \left(\frac{m}{m}\right) = m\frac{P_A}{\rho}$$

A కొనలో ద్రవము యొక్క స్థితిజ శక్తి,

$$PE_A = mg\,h_A,$$

A కొనలో ద్రవ ప్రవాహం కారణంగా ఏర్పడిన ద్రవము యొక్క గతిజ శక్తి

$$KE_A = \frac{1}{2} m\, v_A^2$$

కావున A కొనలో ద్రవ ప్రవాహం వలన ఏర్పడిన మొత్తం శక్తి $E_A = E_{PA} + KE_A + PE_A$

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

పై విధముగా a_B, v_B, మరియు P_B అనునవి వరుసగా B కొనలో గొట్టము యొక్క అడ్డుకోత వైశాల్యము ద్రవ దిశావేగము మరియు ద్రవ పీడనము అనుకొందాం. B కొనలో మొత్తం శక్తి

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

శక్తి నిత్యత్వ నియమం నుండి

$$E_A = E_B$$

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

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

పై సమీకరణమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

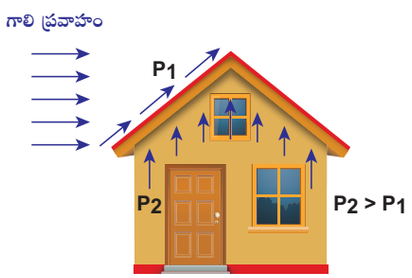
పై సమీకరణము శక్తి నిత్యత్వ నియమం యొక్క ఫలితము అగును. ఘర్షణ వలన శక్తి నష్టము ఏర్పడని వరకు ఈ సమీకరణము వాస్తవ మగును. కాని ద్రవము యొక్క పొరలు వివిధ దిశావేగములతో చలించుట వలన వాటి మధ్య ఏర్పడే ఘర్షణ బలము ద్వారా శక్తి నష్టము ఏర్పడును. ఇటువంటి శక్తి నష్టము సాధారణంగా ఉష్ణశక్తిగా మార్పు చెందును. కావున బెర్నౌలీ సమీకరణము స్నిగ్ధతలేని (శూన్య స్నిగ్ధత) ద్రవములకు మాత్రమే వర్తించును. ఒకవేళ ద్రవము క్షితిజ తల గొట్టము గుండా వెలువడితే,

$$h = 0 \Rightarrow \frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g} = \text{స్థిరాంకము}$$

బెర్నౌలీ సిద్ధాంతము యొక్క అనువర్తనములు

(అ) తుఫాను గాలికి ఇంటి పై కప్పు ఎగిరిపోవడం

పూర్వకాలంలో ఇల్లు లేదా గుడిసెల పై కప్పు పటము 7.34 లో వున్నట్లు వాలుగా రూపొందించబడియుంటాయి. బెర్నౌలీ సిద్ధాంతము ప్రకారం ఇళ్ళు ఈ రకంగా నిర్మించబడడం వలన తుఫాను నుండి సురక్షితంగా నుండును.



పటము 7.34 గుడిసెలు లేదా ఇళ్ళ పై కప్పు

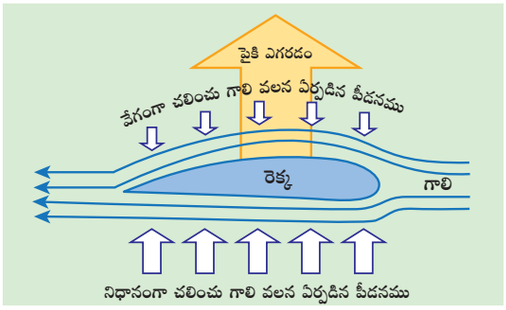
తుఫాను సంభవించినపుడు, ఇంటి లోపల ఎటువంటి నష్టము ఏర్పడకుండా ఇంటి పై కప్పు మాత్రము ఎగిరిపోవును. బెర్నౌలీ సిద్ధాంతము ప్రకారము అతి వేగంగా గాలి వీచినపుడు పై కప్పుకు పైన P_1 అనే తక్కువ పీడనాన్ని ఏర్పరచును. పై కప్పుకు క్రింద P_2 అనే పీడనము అధికమగును. కావున ఈ పీడన భేదము $(P_2 - P_1)$ పై వైపుకు ఊర్ధ్వ బలమును ఏర్పరచి పై కప్పు లేచి గాలిలో ఎగిరిపడును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 84 17-03-2023 15:01:30

(అ) విమానపు రెక్క పైకి ఎగరడం (Aerofoil lift)

విమానపు రెక్కలు పై భాగము క్రింది భాగము కంటే ఎక్కువ వంకరగా ఉండును. అంతే కాకుండా ముందుభాగం కొన, వెనుకభాగం కొన వెడల్పుగా ఉండేటట్లు నిర్మించబడియుండును. రెక్కకు క్రింద గల గాలి కంటే రెక్కకు పై గల గాలి వేగముగా చలించును. ఇది పటమము 7.35 లో చూపబడినది.

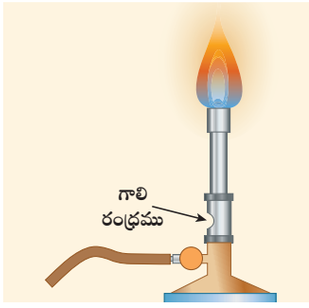
బెర్నౌలీ సిద్ధాంతము ప్రకారము రెక్కకు క్రింది భాగములో గల పీడనము పై భాగము కంటే ఎక్కువగా ఉండును. కావున గతిక లిఫ్ట్ (dynamic lift) అనే ఊర్ధ్వ బలము పనిచేసి అది విమానమును పైకి ఎగురునట్లు చేయును.



పటము 7.35 విమానపు రెక్క పైకి ఎగరడం

(ఇ) బున్సెన్ జ్వాలకము (Bunsen burner)

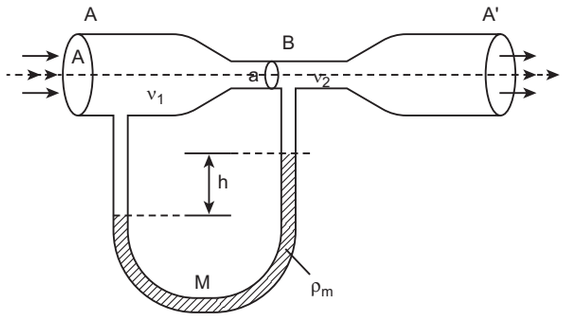
బున్సెన్ జ్వాలకములో వాయువు సన్నని రంధ్రము (nozzle) గుండా అధిక దిశావేగముతో వెలువడును. అపుడు గొట్టములో గల పీడనము తగ్గును. కావున వెలుపల గాలి వేగముగా జ్వాలకములోని గాలి రంధ్రము గుండా ప్రవేశించి వాయువుతో కలిసి నీలిరంగు జ్వాలను ఏర్పరుచును. ఇది పటము 7.36 లో చూపబడినది.



పటము 7.36 బున్సెన్ జ్వాలకము

(ఈ) వెంచురీమీటర్ (Venturimeter)

ఒక గొట్టము గుండా చలించే అదుముటకు వీలుకాని ద్రవము ప్రవహించే మార్పు రేటును కొలుచుటకు వెంచురీమీటర్ ఉపయోగపడును. ఇది బెర్నౌలీ సిద్ధాంతం ప్రకారం పనిచేయును. ఇందులో A మరియు A' అనే రెండు వెడల్పైన గొట్టములు ఉండును (అడ్డుకోత వైశాల్యము A) అవి B అనే సన్నని గొట్టము (అడ్డుకోత వైశాల్యము *a)* తో కలుపబడియున్నది. U-ఆకారపు పీడ నాంతరమాపకం (manometer) A మరియు B గొట్టములతో పటము 7.37 లో చూపినట్లు కలుపబడియున్నది. పీడనాంతర మాపకంలో ద్రవ సాంద్రత 'ρ_m'.



పటము 7.37 వెంచురీ మీటరు యొక్క వివరణ పటము

గొట్టము A లో గల వెడల్పైన భాగములో ప్రవాహి యొక్క పీడనము P_1 అనుకొందాం. 'ρ' సాంద్రత 'v_1' దిశావేగముతో ప్రవాహి గొట్టములో ప్రవహించుట వలన సన్నని భాగములో దాని వేగము 'v_2' గా అదికమైనదని అనుకొందాం. బెర్నౌలీ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఈ వేగ అధికరింపు వలన గొట్టము B లో గల సన్నని భాగములో ప్రవాహి యొక్క పీడనము P_2 ను తగ్గించును. కావున A మరియు B మధ్య గల పీడన భేదము $(\Delta P = P_1 - P_2)$ ను పీడనాంతర మాపకంలో ఏర్పడిన ద్రవ ఎత్తు భేదములతో కొలువబడుచున్నది.

అవిచ్ఛిన్న స్థిరాంక సమీకరణము ప్రకారము $Av_1 = a\,v_2$

$$\text{లేదా } v_2 = \frac{A}{a}\, v_1.$$

బెర్నౌలీ సమీకరణమును ఉపయోగించగా

$$P_1 + \rho\,\frac{v_1^2}{2} = P_2 + \rho\,\frac{v_2^2}{2} = P_2 + \rho\,\frac{1}{2}\left(\frac{A}{a}v_1\right)^2$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 85 17-03-2023 15:01:31

పై సమీకరణము నుండి పీడన భేదము

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho \frac{v_1^2}{2} \frac{(A^2 - a^2)}{a^2}$$

కావున గొట్టము A యొక్క వెడల్పైన కొనలో ద్రవ ప్రవాహ వేగము

$$v_1^2 = \frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

ఒక సెకను కాలములో A గుండా ప్రవహించే ద్రవము యొక్క ఘనపరిమాణము

$$V = Av_1 = A\sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}} = aA\sqrt{\frac{2(\Delta P)}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

(e) ఇతర అనువర్తనాలు (Other applications)

ఆటోమొబైల్స్ నందు గల కార్బొరేటర్, ఫిల్టర్ పంపు, ఆటోమైజర్స్ మరియు చిమ్ము పరికరాలు రూపొందించుటలో బెర్నౌలీ సిద్ధాంతం ఉపయోగపడును. ఉదాహరణకు కార్బొరేటర్‌లో గల సన్నని రంధ్రాల గుండా గాలి అతి వేగముగా లోవైపుకు వచ్చును. అప్పుడు పీడనము తగ్గి పెట్రోల్ లోపలికి లాగబడి మండుటకు వీలైన పరిమాణంలో గాలి మరియు ఇంధనము కలుపబడును.

కృత్యము

ఒక గాజు జాడీలో థెర్మోకోల్ బంతులు నింపబడినవి. ఒక మృధువైన గొట్టమును జాడీలో గల బంతులలో మునిగినట్లు పెట్టవలెను. తెరచివున్న వెలుపల కొనను త్రిప్పినట్లైతే, థెర్మోకోల్ బంతులు జాడీ అంతయు చిమ్మబడును. దీనిని చిమ్ము పరికరము యొక్క తత్త్వము అందురు.

మీకు తెలుసా?

ఒక సాలీడు వల మనము అనుకున్న దానికంటే ఎక్కువ బలమైనదగును. సాలీడులో గల దారము, దాని ద్రవ్యరాశికంటే వెయ్యిరెట్లు ద్రవ్యరాశి గల ఎగిరెడు కీటకాలను పోకుండా ఆపగలదు. సాలీడు వల యొక్క యంగ్ గుణకము యొక్క విలువ సుమారు $4.5 \times 10^9 \, N\,m^{-2}$ ఈ విలువను కొయ్య యొక్క యంగ్ గుణకముతో పోల్చుము.



11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 86 17-03-2023 15:01:32

పాఠ్య సారాంశము

- ఒక వస్తువులో పరమాణువుల మధ్యగల బలమును అంతర పరమాణు బలము అని, ఒక వస్తువులో అణువుల మధ్య గల బలమును అంతర అణు బలము అని అంటారు.
- హుక్ నియమము స్థితిస్థాపక అవధిలో ప్రతిబలం, వికృతికి అనులోమాను పాతంలో నుండును.
- ఏకాంక వైశాల్యములో పనిచేయు బలమును ప్రతిబలము అందురు. ఒక వస్తువు అడ్డుకోత వైశాల్యము A మరియు కలిగించే బలము F అయితే ప్రతిబలం పరిమాణము F/A అగును. తన్యత లేక అదుము ప్రతిబలమును అనుదైర్ఘ్య ప్రతిబలము అని చెప్పవచ్చును.
- స్థూపము యొక్క పొడవు మార్పునకు దాని తొలి పొడవునకు మధ్యగల నిష్పత్తి $\Delta L/L$ ను దైర్ఘ్య వికృతి అందురు.
- స్థితిస్థాపక అవధిలో అనుదైర్ఘ్య ప్రతిబలముకు, అనుదైర్ఘ్య వికృతికి మధ్య గల నిష్పత్తిని తీగ పదార్థపు యొక్క యంగ్ గుణకము అందురు.
- స్థితిస్థాపక అవధిలో ఘనపరిమాణ ప్రతిబలం, ఘణపరిమాణ వికృతికి మధ్యగల నిష్పత్తి స్థూల గుణకము అనబడును.
- స్థితిస్థాపక అవధిలో దృడతా ప్రతిబలం, దృఢతా వికృతి మధ్య గల నిష్పత్తిని దృఢతా గుణకము లేదా విమోటన గుణకము అందురు.
- పాయిసన్ నిష్పత్తి = పార్శ్వ వికృతి / అనుదైర్ఘ్య వికృతి
- ఏకాంక ఘనపరిమాణములో తీగలో సేకరించబడిన స్థితిస్థాపక స్థితిజశక్తి $U = \frac{1}{2} \times$ ప్రతిబలం $\times$ వికృతి $\frac{1}{2} \times Y \times (\text{వికృతి})^2$, ఇచ్చట Y అనునది పదార్థము యొక్క యంగ్ గుణకము అగును.
- A అనే ఉపరితలంలో పనిచేయు లంబ బలము F అయితే ఏకాంక వైశాల్యములో పనిచేసే బలాన్ని పీడనము అని నిర్వచించవచ్చును.
- నీటి తలము నుండి h లోతులో మొత్త పీడనము $P = P_a + \rho gh$, ఇచ్చట P_a అనునది వాతావరణ పీడనము మరియు దాని విలువ 1.013×10^5 Pa
- పాస్కల్ నియమం ప్రకారం ఒక ప్రవాహి నిశ్చలంగానున్నప్పుడు ఒకే ఎత్తులో వున్న అన్ని బిందువుల వద్ద పీడనము సమానమగును.
- ఉత్ప్లవన నియమం ప్రకారం ఒక వస్తువు ద్రవములో మునిగినపుడు వెలువడే ద్రవ ద్రవ్యరాశి వస్తువు బరువుకు సమానంగాను లేదా ఎక్కువగాను వుంటే వస్తువు ఆ ద్రవములో త్రేలును.
- ద్రవము నందు ఏకాంక వైశాల్యంలో ద్రవ చలన దిశకు లంబ దిశలో ఏకాంక దిశావేగ ప్రవణత గల ద్రవము యొక్క స్పర్శ రేఖ దిశలో పనిచేసే స్నిగ్ధత బలమును, ఆ ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత గుణకము అందురు.

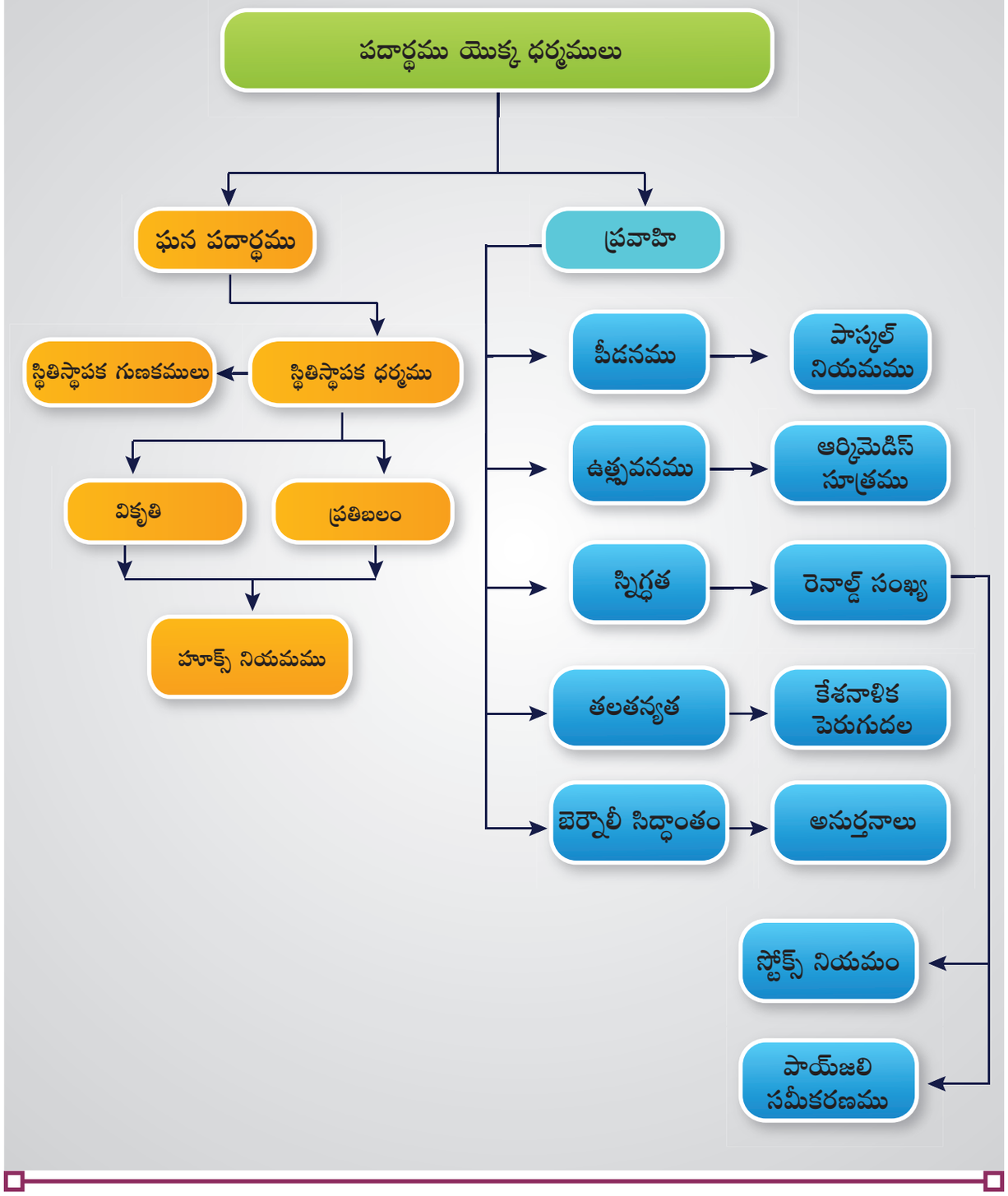
11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 87 17-03-2023 15:01:32

పాఠ్య సారాంశము

- ఒక ద్రవ ప్రవాహము ఒక బిందువును దాటి చలించే ప్రతి ఒక్క ద్రవ కణమును ఒకే మార్గములో దానికి ముందు గల కణము వేగముతోనే పయనిస్తే, ఆ ప్రవాహాన్ని స్తరీయ ప్రవాహము అందురు.
- ప్రవాహి చలనంలో గల దిశావేగము సందిగ్ధ దిశావేగము కంటే ఎక్కువైతే ఆ ప్రవాహము సంక్షుబ్ధ ప్రవాహముగా మారును.
- ఒక స్థూపాకార గొట్టము గుండా ప్రవాహి చలనము స్తరీయ ప్రవాహముగాను, లేదా సంక్షుబ్ధ ప్రవాహము గాను నిర్ణయించే దానిలో రెనాల్డ్ సంఖ్య ప్రాముఖ్యత వహించును.
- స్టోక్ సూత్రము $F= 6\pi\eta av$, ఇచ్చట a వ్యాసార్ధము గల గోళముపై పనిచేయు స్నిగ్ధతా బలము F మరియు v అనునది గోళము యొక్క అంతిమ దిశావేగము.
- ద్రవ తలములో గీయబడిన ఏకాంక పొడవు గల ఊహాత్మక రేఖ గుండా, ఆ రేఖకు లంబముగా మరియు తలముకు సమాంతరంగా పనిచేసే తన్యతను ఆ ద్రవము యొక్క తలతన్యత అని నిర్వచించవచ్చును.
- ద్రవము మరియు ఘన పదార్థము ద్రవము లోపల కలిసే బిందువు వద్ద గీయబడిన స్పర్శరేఖకు మధ్య గల కోణమును ఘన మరియు ద్రవ జంట యొక్క జంట కోణము అందురు.
- ఇవ్వబడిన ఒక బిందువును దాటి చలించే ప్రతి ఒక్క ప్రవాహి కణముల దిశావేగము కాలము ఆధారంగా మార్పు చెందకుండా ఉంటే, ఆ ప్రవాహి చలనాన్ని స్తరీయ ప్రవాహం అందురు.
- ఒక గొట్టము గుండా చలించే ప్రవాహికి అవిచ్ఛిన్న సమీకరణము $a_1 v_1 = a_2 v_2$ అగును. ప్రవాహి చలనములో ప్రవాహి యొక్క ద్రవ్యరాశి స్థిరంగా (నిత్యత్వంగా) ఉండును. అందువలన ఒక స్తరీయ ప్రవాహములో అదుముటకు వీలుకాని, స్నిగ్ధత లేని ప్రవాహి యొక్క ఏకాంక ద్రవ్యరాశికి పీడన శక్తి, గతిజ శక్తి మరియు స్థితిజ శక్తుల మొత్తము స్థిరాంకము అగును. అనగా $P/\rho + v^2/2 + gh$ స్థిరాంకము.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 88 17-03-2023 15:01:33

భావన చిత్ర పటము



11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 89 17-03-2023 15:01:33

I. బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు:

1. X మరియు Y అనే రెండు తీగలను ఊహించుకుందాం. X తీగ వ్యాసార్ధము Y తీగ యొక్క వ్యాసార్ధముకు మూడు రెట్లు ఉన్నది. అవి సమానమైన బరువు వలన సాగదీసినపుడు Y పై కలిగే ప్రతిబలం

(అ) X యొక్క ప్రతిబలంకు సమానం

(ఆ) X యొక్క ప్రతిబలంకు మూడు రెట్లు

(ఇ) X యొక్క ప్రతిబలంకు తొమ్మిది రెట్లు

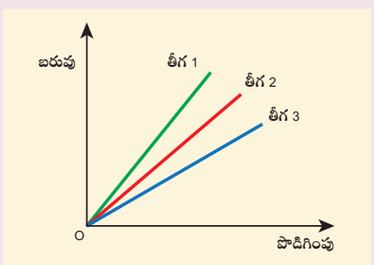
(ఈ) X యొక్క ప్రతిబలంలో సగము

2. ఒక తీగను దాని తొలి పొడవులో రెండు రెట్లు సాగదీయబడినపుడు తీగలో ఏర్పడిన వికృతి

(అ) 1 (ఆ) 2

(ఇ) 3 (ఈ) 4

3. ఒకే పదార్థముతో చేయబడిన మూడు తీగలు యొక్క బరువు పొడిగింపు రేఖాచిత్రము క్రింది పటములో చూపబడినది. ఇందులో మందమైన తీగ ఏది?



(అ) తీగ 1

(ఆ) తీగ 2

(ఇ) తీగ 3

(ఈ) అన్ని తీగలు ఒకే మందము గలవు

4. ఇవ్వబడిన ఒక వస్తువుకు దృఢతా గుణకము, యంగ్ గుణకములో $\left(\frac{1}{3}\right)$ వ భాగము ఉంటే దాని పాయిసన్ నిష్పత్తి

(అ) 0 (ఆ) 0.25

(ఇ) 0.3 (ఈ) 0.5

5. 2cm వ్యాసార్ధము గల గోళము స్నిగ్ధతయుత ద్రవములో పడినది. స్నిగ్ధత బలము వలన ఉష్ణము ఏర్పడినది. గోళము దాని అంతిమ దిశావేగము పొందినపుడు ఉష్ణము ఏర్పడే నిష్పత్తి క్రింది వాటిలో దేనికి అనులోమాను పాతములో నుండును.

(NEET model 2018)

(అ) 2^2 (ఆ) 2^3

(ఇ) 2^4 (ఈ) 2^5

6. ఒకే ఘనపరిమాణం గల రెండు తీగలు ఒకే పదార్థముచే తయారుచేయబడినది. మొదటి మరియు రెండవ తీగల అడ్డుకోత వైశాల్యం వరుసగా A మరియు 2A అగును. F అనే బలము కలిగించినపుడు మొదటి తీగ యొక్క పొడవు Δl అధికరిస్తే రెండవ తీగ అదే పొడవు సాగుటకు కావలసిన బలము ఏంత?

(NEET model 2018)

(అ) 2 F (ఆ) 4 F

(ఇ) 8 F (ఈ) 16 F

7. ఉష్ణోగ్రత పెరిగినపుడు ద్రవము మరియు వాయువు యొక్క స్నిగ్ధత వరుసగా

(అ) పెరుగును మరియు పెరుగును

(ఆ) పెరుగును మరియు తగ్గును

(ఇ) తగ్గును మరియు పెరుగును

(ఈ) తగ్గును మరియు తగ్గును

8. ఒక సంపూర్ణ ఘన పదార్థము యొక్క యంగ్ గుణకము

(అ) 0 (ఆ) 1

(ఇ) 0.5 (ఈ) అనంతము

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 90 17-03-2023 15:01:34

9. క్రింది వాటిలో ఏది అదిశరాశి కాదు?

(అ) స్నిగ్ధత

(ఆ) తలతన్యత

(ఇ) పీడనము

(ఈ) ప్రతిబలం

10. తీగ యొక్క ఉష్ణోగ్రత పెరిగినపుడు దాని యంగ్ గుణకము

(అ) మార్పు చెందదు

(ఆ) తగ్గును

(ఇ) త్వరగా పెరుగును

(ఈ) చాలా తక్కువగా పెరుగును

11. V ఘన పరిమాణము గల రాగి l పొడవు గల తీగగా సాగదీయబడినది. ఈ తీగకు F అనే స్థిరమైన బలమును కలిగిస్తే ఏర్పడిన పొడిగింపు Δl అనునది యంగ్ గుణకము అయితే క్రింది రేఖా చిత్రములో ఏది సరళరేఖ అగును?

(NEET 2014 model)

(అ) Δl మరియు V కు మధ్య

(ఆ) Δl మరియు Y కు మధ్య

(ఇ) Δl మరియు F కు మధ్య

(ఈ) Δl మరియు $\frac{1}{l}$ కు మధ్య

12. R వ్యాసార్ధము గల నిర్ణీత సంఖ్యలో గోళపు చుక్కలు కలిసి R వ్యాసార్ధము మరియు V ఘన పరిమాణము గల ఒకే ద్రవ బిందువుగా మారినది. ద్రవము యొక్క తలతన్యత T అయితే

(అ) శక్తి $= 4\,V\,T\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$ వెలువడినది

(ఆ) శక్తి $= 3\,V\,T\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{R}\right)$ వెలువడినది

(ఇ) శక్తి $= 3\,V\,T\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$ వెలువడినది

(ఈ) శక్తి వెలువడలేదు లేదా శోషించబడలేదు

13. ఒకే పదార్థముతో నాలుగు తీగలు చేయబడినవి. ఒకే తన్యతను వాటికి కలిగిస్తే వీటిలో ఏది అధిక పొడిగింపును పొందును?

(అ) పొడవు = 200 cm వ్యాసము = 0.5 mm

(ఆ) పొడవు = 200 cm వ్యాసము = 1 mm

(ఇ) పొడవు = 200 cm వ్యాసము= 2 mm

(ఈ) పొడవు = 200 cm వ్యాసము = 3 m

14. ఒక తలమును ఒక ద్రవముతో తడిచేసే పరిమాణము ముఖ్యముగా దేని మీద ఆధారపడియుండును.

(అ) స్నిగ్ధత

(ఆ) తలతన్యత

(ఇ) సాంద్రత

(ఈ) తలమునకు ద్రవమునకు మధ్య గల స్పర్శ కోణము

15. ఏక రహిత అడ్డుకోత వైశాల్యము గల క్షితిజ తల గొట్టములో 20 cm వ్యాసము గల బిందువు వద్ద నీరు 1 $m\,s^{-1}$ దిశావేగముతో ప్రవహిస్తున్నది. 1.5 $m\,s^{-1}$ దిశావేగముతో ప్రవహించే బిందువు వద్ద గొట్టము యొక్క వ్యాసము (సెం.మీలలో)

(అ) 8 (ఆ) 16

(ఇ) 24 (ఈ) 32

జవాబులు:

1) ఇ	2) అ	3) అ	4) ఈ
5) ఈ	6) ఆ	7) ఇ	8) ఈ
9) ఈ	10) ఆ	11) ఇ	12) ఇ
13) అ	14) ఈ	15) ఆ	

II. సంక్షిప్త సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ప్రతిబలం మరియు వికృతిని నిర్వచింపుము.
2. స్థితిస్థాపక అవధిలో హూక్ నియమమును తెలుపుము.
3. పాయిసన్ నిష్పత్తిని నిర్వచింపుము.
4. అణువుల అంతర బలములను ఉపయోగించి స్థితిస్థాపకతను వివరించుము.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 91 17-03-2023 15:01:34

5. ఉక్కు లేదా రబ్బరు, రెండింటిలో ఏది ఎక్కువ స్థితిస్థాపకత కలిగియుండును?
6. చాలా కాలంగా ఉపయోగిస్తున్న స్ప్రింగ్ త్రాసు తప్పైన కొలతలను చూపిస్తున్నది. ఎందుకు?
7. స్థితిస్థాపకతపై ఉష్ణోగ్రత ఫలితము ఏది?
8. సాగదీయబడిన తీగ యొక్క స్థితిస్థాపక స్థితిజశక్తికి సమాసము వ్రాయుము.
9. ప్రవాహుల వద్ద పాస్కల్ నియమాన్ని నిర్వచింపుము
10. ఆర్కిమెడిస్ సూత్రమును తెలుపుము.
11. పైకి త్రోయు బలము లేదా ఉత్ప్లవనము అనగానేమి?
12. ఉత్ప్లవన నియమాలను తెలుపుము.
13. ఒక ద్రవము నందు స్నిగ్ధత గుణకమును నిర్వచింపుము.
14. స్తరీయ ప్రవాహం మరియు సంక్షుబ్ధ ప్రవాహం మధ్య భేదాలు తెలుపుము.
15. రెనాల్డ్ సంఖ్య అనగానేమి? దాని ముఖ్యత్వమును తెలుపుము.
16. అంతిమ దిశావేగమును నిర్వచింపుము.
17. స్టోక్స్ బలమునకు సమీకరణము వ్రాసి వాటిలో గల సంకేతాలను వివరించుము.
18. బెర్నౌలీ సిద్ధాంతమును తెలుపుము.
19. ద్రవము పొందివున్న శక్తులు ఏది? వాటి యొక్క సమీకరణాలను వ్రాయుము.
20. రెండు స్తరీయ ప్రవాహాలు ఒకదానికొకటి ఖండించుకొనవు. ఎందుకు?
21. తలతన్యతను నిర్వచించుము. దాని S.I ప్రమాణము మరియు మితి సూత్రమును తెలుపుము.
22. తలతన్యత ఉపరితల శక్తి మధ్య సంబంధాన్ని తెలుపుము.
23. స్పర్శ కోణమును నిర్వచింపుము.
24. సంసంజన బలం మరియు అసంజన బలం మధ్య భేదాలు తెలుపుము.
25. ద్రవములో తలతన్యపై ప్రభావితం చేసే కారకాలు ఏవి?
26. ఒక సబ్బు బుడగ లోపలికి గాలి ఊదినపుడు బుడగ లోపల గల పీడనము ఏమగును?
27. కేశనాళికీయత లేదా కేశనాళిక చర్య అనగానేమి?
28. నీటి ఉపరితలముపై నూనె చుక్క వ్యాపించును. కాని నూనెపై నీటి బిందువు గోళపు ఆకారంలో సంకోచించును. ఎందుకు?
29. వెంచురీమీటరు తత్వము మరియు ఉపయోగాలను తెలుపుము

III. వ్యాసరూప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. హుక్ నియమాన్ని తెలిపి ఒక ప్రయోగ ఆధారంగా సరిచూడుము.
2. వివిధ రకములైన స్థితిస్థాపక గుణకములను వివరించుము.
3. ఏకాంక ఘన పరిమాణము గల తీగలో సేకరించబడియున్న స్థితిస్థాపక శక్తికి సమాసమును ఉత్పాదించుము.
4. నీటి ఉపరితలం క్రింద 'h' లోతులో మొత్తం పీడనమునకు గల సమానమును ఉత్పాదించుము
5. ప్రవాహులలో పాస్కల్ నియమాన్ని తెలిపి, నిరూపించుము.
6. ఆర్కిమెడిస్ సూత్రమును తెలిపి, నిరూపించుము.
7. స్టోక్స్ నియమమును ఉపయోగించి ఎక్కువ స్నిగ్ధత గల ద్రవములో చలించే గోళము యొక్క అంతిమ దిశావేగానికి సమాసమును ఉత్పాదించుము.
8. ఒక గొట్టము గుండా స్తరీయ ప్రవాహములో ప్రవహించే ద్రవము యొక్క ఏకాంక కాలములో ప్రవహించే ద్రవము యొక్క ఘన పరిమాణముకైన పాయ్‌జలి సమాసమును ఉత్పాదించుము.
9. i) ద్రవ బిందువు ii) ద్రవ బుడగ iii) గాలి బుడగల, లోపల గల అధిక పీడనమునకు సమాసాలను ఉత్పాదించుము.
10. కేశనాళికీయత అనగానేమి? కేశనాళికా పెరుగుదల పద్ధతిలో ద్రవము యొక్క తలతన్యతకు సమాసమును ఉత్పాదించుము.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 92 17-03-2023 15:01:34

11. ద్రవ్యరాశి నిత్యత్వ నియమము ప్రకారము ప్రవాహిలో ప్రవాహముకు అవిచ్ఛిన్న సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి.
12. అదుముటకు వీలుకాని స్నిగ్ధతలేని ప్రవాహి స్తరీయ ప్రవాహములో ప్రవహించుటకు బెర్నౌలీ సిద్ధాంతమును తెలిపి నిరూపించుము.
13. వెంచురీ మీటరు నిర్మాణమును మరియు పనిచేయు విధానాన్ని తెలుపుము. గొట్టము యొక్క వెడల్పైన ద్వారము గుండా ఏకాంక కాలమలో ప్రవహించే ద్రవము యొక్కఘనపరిమాణమునకు సమాసమును ఉత్పాదించుము.

IV. సమస్యలు

1. d*mm* వ్యాసము గల ఒక కేశనాళికను నీటిలో పెట్టి 30*mm* ఎత్తుకు పైకొచ్చునట్లు అదుమవలెను. క్రొత్త కేశనాళికా వ్యాసార్ధం ముందు విలువలో $\left(\frac{2}{3}\right)$ భాగముగా ఉంటే క్రొత్త కేశనాళికలో నీరు పైకి వచ్చే ఎత్తును కనుగొనుము. (జవాబు: 45 mm)

2. 1.5 m పొడవు 4 cm వ్యాసము గల స్థూపము యొక్క ఒక కొన బిగించియున్నది. 4×10^5 N స్పర్శరేఖబలముమరొకకోనలోకలిగించబడినది. స్థూపము యొక్క దృఢతా గుణకము $6 \times 10^{10}\,\mathrm{N}\,m^{-2}$ అయితే స్థూపము యొక్క పురి కోణమును లెక్కించుము. (జవాబు: 45.60)

3. 2 cm వ్యాసార్ధము గల A అనే సబ్బు బుడగ, 4 cm వ్యాసార్ధము గల B అనే సబ్బు బుడగ లోపల ఏర్పడినది. చిన్న సబ్బు బుడగ లోవైపును, పెద్ద సబ్బు బుడగకు వెలువైపును గల పీడన తేడా కలిగియున్న మరొక సబ్బు బుడగ వ్యాసార్ధము A మరియు B సబ్బు బుడగల వ్యాసార్ధము కంటే తక్కువగా నుండునని నిరూపించుము.

4. *x* kg ద్రవ్యరాశి గల ఒక వెండి కడ్డీని తీగలో వ్రేలాడదీసి 0.72 సాపేక్ష సాంద్రత గల ద్రవములో ముంచబడినది. వెండీ కడ్డీ యొక్క సాపేక్ష సాంద్రత 10 మరియు తీగ తన్యత 37.12 N అయితే వెండి కడ్డీ యొక్క ద్రవ్యరాశిని లెక్కించుము. (జవాబు: $x = 4$ kg)

5. ఒకమూయబడినగొట్టముతోబిగించబడియున్న పీడనమాని $5 \times 10^5\ \mathrm{N\,m^{-2}}$ అనే కొలతను చూపిస్తున్నది. గొట్టమును తెరిచినపుడు పీడన మానిలో $4.5 \times 10^5\ \mathrm{Nm^{-2}}$ అనే కొలత వున్నది. అయితే గొట్టములో ప్రవహించే నీటి వేగాన్ని లెక్కించుము. (జవాబు: 10 $\mathrm{ms^{-1}}$)

పరిశీలనా గ్రంథములు (BOOKS FOR REFERENCE)

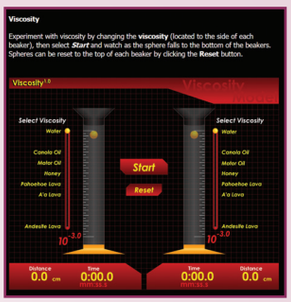
1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. H.C.Verma, Concepts of physics volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 93 17-03-2023 15:01:35

అంతర్జాల కృత్యము

పదార్థము యొక్క ధర్మములు

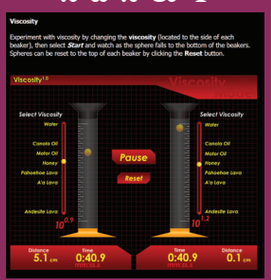
పదార్థముల స్నిగ్ధత భావన గూర్చి తెలుసుకొందామా!



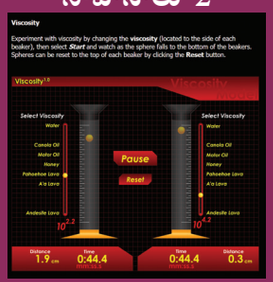
సోపానాలు:

- క్రింది URL నుపయోగించి 'Viscosity' అనే అంతర్జాల పేజీకి వెళ్ళుము.
- 'Select Viscosity' మీటరు గల బంతిని జరిపి కావలసిన స్నిగ్ధతను Select చేయవలెను.
- 'Start' అనే బటన్‌ను నొక్కిన వెంటనే బీకరులోని బంతి Select చేసిన స్నిగ్ధతకు తగినట్లు పై నుండి క్రిందకు జరుగును. అపుడు దూరము మరియు కాలములో ఏర్పడే మార్పులను చూడండి.
- ప్రతి ఒక్క బీకరులో గల గోళములను మరల అమర్చుటకు 'Reset' అనే బటన్‌ను నొక్కవలెను.

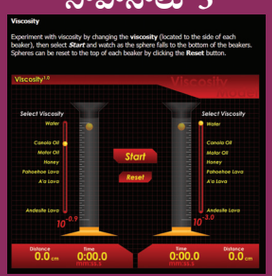
సోపానాలు 1



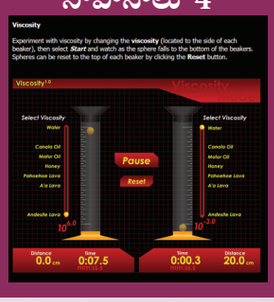
సోపానాలు 2



సోపానాలు 3



సోపానాలు 4



URL:

http://www.geo.cornell.edu/hawaii/220/PRI/viscosity.html

* పటములు సూచనకు మాత్రమే.

* **Flash Player** లేదా **Java Script** లను కావలసినపుడు అనుమతించవలెను.

11th_Physics_Vol_2_Unit_7_Telugu_Medium.indd 94 17-03-2023 15:01:37

అధ్యాయము

8

ఉష్ణము మరియు ఉష్ణగతిక శాస్త్రము (Heat and Thermodynamics)

నా నమ్మకము ప్రకారము విశ్వము మనుగడలో ఉండడానికి కారణమైన ఒకే ఒక భౌతికశాస్త్ర సిద్ధాంతము ఉష్ణగతిక శాస్త్ర సిద్ధాంతమే ఇది ఎప్పటికీ కాదనలేని సత్యము. – ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్

అభ్యసనా లక్ష్యములు

ఈ పాఠములో విద్యార్థులు తెలుసుకొను విషయాలు

- ఉష్ణము, పని మరియు ఉష్ణోగ్రతలను అవగాహన చేసుకొనుట.
- ఆదర్శ వాయు నియమాలు
- విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము యొక్క భావన
- ఘన, ద్రవ, వాయు పదార్థముల యొక్క ఉష్ణ వ్యాకోచము గూర్చిన భావన
- వస్తువుల యొక్క వేర్వేరు స్థితులు
- న్యూటన్ యొక్క శీతలీకరణ నియమము
- స్టీఫన్ మరియు లీన్ నియమములు
- ఉష్ణగతిక శాస్త్ర సమతుల్యము యొక్క అర్థము.
- అంతర్గత శక్తి యొక్క అర్థము
- ఉష్ణగతిక శాస్త్రము యొక్క శూన్య మరియు మొదటి నియమము
- వివిధ ఉష్ణగతికశాస్త్ర ప్రక్రియలు
- వివిధ ఉష్ణగతికశాస్త్ర ప్రక్రియలలో చేయబడు పని
- ఉష్ణగతికశాస్త్రము యొక్క రెండవ నియమము.
- కార్నాట్ ఇంజను మరియు రెఫ్రిజిరేటరులు పనిచేయు విధానము.

8.1 ఉష్ణము మరియు ఉష్ణోగ్రత (HEAT AND TEMPERATURE)

8.1.1 పరిచయము (Introduction)

ఉష్ణోగ్రత మరియు ఉష్ణము అనునది అనునవి మన దైనందిన జీవితంలో ముఖ్య పాత్ర పోషిస్తున్నాయి. అన్ని జీవరాశుల అవయవములన్నీ సక్రమంగా పనిచేయుటకు ఉష్ణోగ్రతను నిర్ణీత విలువలో పరామర్శించుకొనుట అవశ్యమగును. వాస్తవంగా జీవరాశులు జీవించుటకు కావలసిన ఉష్ణోగ్రతను సూర్యుని నుండి పొందుచున్నాము. ప్రకృతిని అర్థం చేసుకొనుటకు ఉష్ణము మరియు ఉష్ణోగ్రతను గూర్చి అర్థం చేసుకోవడమే పునాది అగును. ఉష్ణము మరియు ఉష్ణోగ్రతను గూర్చి వివరించు భౌతిక శాస్త్రము యొక్క విభాగమే ఉష్ణగతిక శాస్త్రము. ఈ అధ్యాయములో ఉష్ణము, శీతలము మరియు ఉష్ణమును ఉష్ణోగ్రత నుండి వేరుపరచి తెలుసుకొనవచ్చును. ఉష్ణగతిక శాస్త్రంలో నుండి ఉష్ణము మరియు ఉష్ణోగ్రత అనునవి వేర్వేరు భౌతిక కొలతలగును.

8.1.2 ఉష్ణమును గూర్చిన భావన: (Meaning of heat)

అధిక ఉష్ణోగ్రతలో గల ఒక వస్తువు అల్ప ఉష్ణోగ్రతలో ఉన్న వస్తువును స్పర్శించేటప్పుడు అధిక ఉష్ణోగ్రత వస్తువు నుండి అల్ప ఉష్ణోగ్రత వస్తువుకు అవిచ్ఛిన్నంగా శక్తి ప్రవహిస్తుంది. ఈ శక్తినే ఉష్ణము లేదా ఉష్ణశక్తి

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 95 21-01-2023 11:47:51

అంటారు. అధిక ఉష్ణోగ్రత వస్తువు నుండి అల్ప ఉష్ణోగ్రత వస్తువుకు శక్తి మార్పిడి జరుగు ప్రక్రియను వేడిచేయుట అందురు. ఉష్ణము ప్రవహించుట వలన కొన్ని సార్లు వస్తువులో ఉష్ణోగ్రత అధికమవుతుంది లేదా మార్పు చెందకుండా అదే ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉండును.

గమనిక

ఉష్ణము అనునది శక్తి యొక్క కొలత అని కొన్ని సందర్భములో తప్పుగా భావిస్తాము. మానవులు, ఈ నీరు ఎక్కువ వేడిగా ఉన్నది లేదా తక్కువ వేడిగా ఉన్నది అని అర్థరహితంగా అంటారు. కానీ ఈ వాక్యములు అర్థము లేనివి ఎందుకనగా ఉష్ణము అనునది ఒక కొలత కాదు. ఉష్ణము అనునది అధిక ఉష్ణోగ్రత వస్తువు నుండి అల్ప ఉష్ణోగ్రత వస్తువునకు కొనిపోబడు ఒక శక్తి అగును. వేడి చేయు ప్రక్రియను ఒకసారి ఆపిన యెడల ఉష్ణము అను పదాన్ని మనం వాడకూడదు. ఉష్ణము అనునది కొనిపోబడు శక్తిని గుర్తిస్తున్నది, కానీ వస్తువులో నిల్వయుంచబడిన శక్తిని గుర్తించదు.

ఉదాహరణ 8.1

అ. ఈ చెరువులో అధిక వర్షమున్నది.

ఆ. కప్‌లో వున్న వేడి అయిన కాఫీలో అధిక ఉష్ణమున్నది. ఈ రెండు వాక్యములలో గల తప్పేమిటి?

సాధన

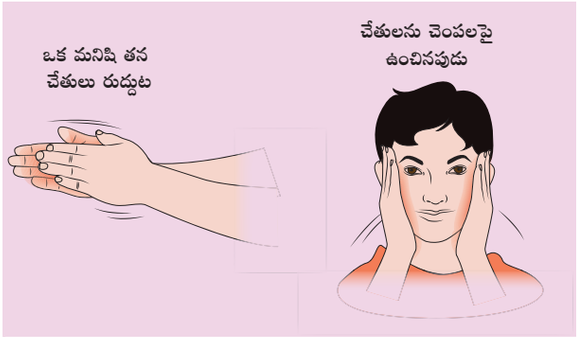
అ. వర్షము కురిసేటప్పుడు చెరువు మేఘము నుండి నీటిని పొందుతుంది. వర్షము నిలిచిన తర్వాత చెరువులో ముందుకంటే ఎక్కువ నీరు ఉంటుంది. ఇక్కడ "వర్షము కురియుట" అనునది మేఘము నుండి నీటిని పొందు చర్య అగును. వర్షము కురియుట అనునది ఒకరాశి కాదు. కానీ చెరువుకు వర్షము మేఘాలు ద్వారా నీరుగా మారి చెరువుగా ప్రవహించుటకు గుర్తించదగినది. ఈ చెరువులో అధిక వర్షమున్నది అను వాక్యం తుప్పు. దీనికి బదులుగా "చెరువులో ఎక్కువ నీరు కలదు", అను వాక్యం సరియైనది.

ఆ. వేడి చేసినప్పుడు కప్పులోని కాఫీ పొయ్యి నుండి ఉష్ణాన్ని పొందును. కప్పులోని కాఫీ ముందు కంటే అధిక అంతర్గత శక్తిని పొందియుంటుంది. ఉష్ణము అనునది, అధిక ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువు నుండి అల్ప ఉష్ణోగ్రత వద్ద గల వస్తువుకు కొనిపోబడు శక్తి అగును. ఉష్ణము అనునది ఒక రాశి కాదు. కాబట్టి "కప్పులో వేడిగా నుండు కాఫీలో అధిక ఉష్ణము గలదు" అను వాక్యము తప్పు దానికి బదులుగా కాఫీ వేడిగా వున్నది అనే వాక్యము సరియైనది.

8.1.3 పని యొక్క భావన (Meaning of work)

నీ అర చేతులు రెండు ఒకదానికొకటి రుద్దినప్పుడు చేతుల ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది. రుద్దుట వలన నీ చేతుల మీద కొంత పనిని కల్పించావు. ఈ పని వల్ల చేతుల ఉష్ణోగ్రత అధికమవుతుంది. ఇప్పుడు నీ చేతులను చెంపల మీద ఉంచునపుడు నీ చెంపల ఉష్ణోగ్రత అధికమవుతుంది. దీనికి కారణం చెంపల ఉష్ణోగ్రత కంటే చేతుల ఉష్ణోగ్రత అధికంగా వుంది. పై ఉదాహరణలో పని చేయడం వలన చేతుల ఉష్ణోగ్రత పెరిగింది మరియు చెంపల మీద ఉష్ణోగ్రత, చేతుల నుండి చెంపలకు ఉష్ణము ప్రవహించుట వలన పెరిగింది. ఇది పటము 8.1 లో చూపబడినది. ఒక మనిషి చేతులు రుద్దుకొని చేతులను చెంపలపై ఉంచినపుడు.

వ్యవస్థపై పని జరిగినపుడు వ్యవస్థ ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది. కొన్ని సార్లు పెరగకపోవచ్చును. ఉష్ణము వలెనే పని ఒక రాశి కాదు గాని పనివలన వ్యవస్థకు శక్తి మార్పిడి జరుగుతుంది. కాబట్టి "ఒక వస్తువు అధిక పనిని లేదా తక్కువ పనిని కలిగి వుంది" అను వాక్యములను ఉపయోగించకూడదు.



పటము 8.1 పని మరియు ఉష్ణము మధ్య బేధము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 96 21-01-2023 11:47:51

పరిసరాలపై వ్యవస్థ ఒక పని చేసి ఆ పరిసరాలకు శక్తిని మార్పిడి చేయును. లేదా వ్యవస్థపై పరిసరాలు ఒక పనిని చేసి, ఆ వ్యవస్థకు శక్తిని మార్పిడి చేయును. కావున పని యొక్క ప్రక్రియ ద్వారా ఒక వస్తువు నుండి మరొక వస్తువునకు శక్తి మార్పిడి చేయడానికి ఆ వస్తువులు వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఉండవలసిన అవసరం లేదు.

8.1.4 ఉష్ణోగ్రత యొక్క భావన (Meaning of temperature)

ఉష్ణోగ్రత అనునది ఒక వస్తువు యొక్క వేడి లేదా చల్లదనము యొక్క స్థాయిని తెలియజేస్తుంది. వస్తువు ఎంత వేడిగా వుంటే అంత ఉష్ణోగ్రత అధికంగా వుంటుంది. రెండు వస్తువులు ఉష్ణ స్పర్శలో వున్నప్పుడు, వాటి మధ్య ఉష్ణోగ్రత, ఉష్ణ ప్రవాహ దిశను నిర్ణయించును.

ఉష్ణోగ్రత యొక్క SI ప్రమాణము **కెల్విన్ (K).**

మన నిత్య జీవితంలో సెల్సియస్ (°C) మరియు ఫారన్ హీట్ (°F) కొలమానములను ఉపయోగిస్తాము.

ఉష్ణోగ్రత, థర్మోమీటరుతో కొలువబడును. ఉష్ణోగ్రతను ఒక స్కేలు నుండి మరియొక్క స్కేలుకు, మార్చే గణన పద్ధతి పట్టిక 8.1 లో ఇవ్వబడినది.

పట్టిక 8.1 ఉష్ణోగ్రత పరిమార్పు

స్కేలు	కెల్విన్‌లలో	కెల్విన్ పద్ధతి నుండి మరొక పద్ధతికి
సెల్సియస్	K=°C + 273.15	°C = K – 273.15
ఫారన్‌హీట్	K=(°F + 459.67)÷1.8	°F=(K × 1.8)-459.67

స్కేలు	To ఫారన్‌హీట్‌కు	ఫారన్‌హీట్ నుండి
సెల్సియస్	°F=(1.8 × °C) + 32	°C = (°F – 32)÷1.8

స్కేలు	To సెల్సియస్	ఎల్సియస్ నుండి
ఫారన్‌హీట్	°C=(°F – 32)÷1.8	°F = (1.8 × °C) + 32

8.2 పదార్థము యొక్క ఉష్ణ ధర్మములు (THERMAL PROPERTIES OF MATTER)

8.2.1 బాయిల్ నియమము, ఛార్లెస్ నియమము మరియు ఆదర్శ వాయు నియమము (Boyle's law, Charles' law and ideal gas law)

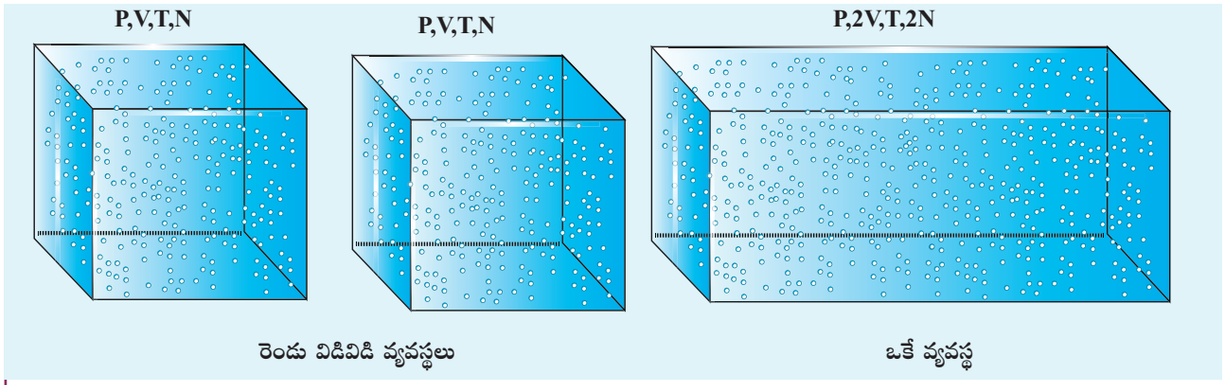
అల్ప పీడనము వద్ద వున్న V ఘనపరిమాణము గల వాయువును పాత్రలో వుంచి చేయబడిన ప్రయోగము నుండి క్రింది ఫలితములు పొందవచ్చును.

- వాయువును స్థిరమైన ఉష్ణోగ్రత వద్ద వుంచినపుడు, వాయువు యొక్క పీడనము దాని ఘనపరిమాణమునకు విలోమానుపాతంలో వుండును. $P \propto \frac{1}{V}$ దీనిని రాబర్ట్ బాయిల్ (Robert Boyle 1627-1691) కనుగొనెను. దీనిని బాయిల్ నియమము అందురు.
- వాయువును స్థిరమైన పీడనము వద్ద వుంచినపుడు, వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము దాని పరమ ఉష్ణోగ్రతకు (కెల్విన్) అనులోమానుపాతంలో వుండును. $V \propto T$ దీనిని జాక్వస్ ఛార్లెస్ (1743-1823) కనుగొనెను. కావున దీనిని ఛార్లెస్ నియమము అందురు.
- ఈ రెండు నియమములను కలిపినపుడు

$PV = CT$ అనే సమీకరణమును పొందవచ్చును. ఇచ్చట C అనునది ధనాత్మక స్థిరాంకము.

C అనునది వాయు పాత్రలో గల కణముల సంఖ్యకు అనులోమానుపాతంలో వుండునని క్రింది వాదనలో మనము నిర్ధారించవచ్చును. ఒకే ఘనపరిమాణము V, ఒకే పీడనము P మరియు ఒకే ఉష్ణోగ్రత T వద్ద వున్న వాయువుతో నింపిన రెండు జాడీలను మనం తీసుకొన్నట్లయితే ప్రతి జాడీలో వున్న వాయువు $PV = CT$ అను సమీకరణాన్ని అనుసరిస్తుంది. వాయువు యొక్క రెండు జాడీలను ఒకే వ్యవస్థగా పరిగణించిన యెడల ఈ సంయోగ వ్యవస్థ యొక్క పీడనము. మరియు ఉష్ణోగ్రత ఒకే విధంగా వుంటుంది. కాని ఘనపరిమాణము రెట్టింపు

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 97 21-01-2023 11:47:52



పటము 8.2 ఆదర్శ వాయు నియమములు

అవుతుంది మరియు వాయు అణువుల సంఖ్య కూడా రెట్టింపు అగును.

ఈ సంయోగ వ్యవస్థ వలన V విలువ 2V అవుతుంది. ఆదర్శ వాయు సమీకరణము $\frac{P(2V)}{T} = 2C$ నకు సమానంగా వుండుటకు C కూడా రెట్టింపు చేయబడాలి. C అనునది వాయువుల యొక్క అణువుల సంఖ్యపై ఆధారపడియుండవలెను మరియు దాని మితి సూత్రము $\left[\frac{PV}{T}\right] = \mathrm{JK}^{-1}$ గా ఉండవలెను. కాబట్టి స్థిరాంకము C ను అణువుల సంఖ్య N యొక్క k రెట్లుగా వ్రాయవచ్చును.

ఇక్కడ k అనునది బోల్ట్జ్‌మేన్ స్థిరాంకము $(1.381\times10^{-23}\,\mathrm{JK}^{-1})$ మరియు ఇది విశ్వ స్థిరాంకము అని కనుగొనబడినది. కాబట్టి ఆదర్శ వాయు సూత్రము క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$PV = NkT \qquad (8.1)$$

సమీకరణము (8.1) ను మోల్‌గా ఆధారంగా వ్రాయవచ్చును.

వాయువు మొత్త పరిమాణమును కొలుచుటకు ఉపయోగపడు ప్రయోగాత్మక ప్రమాణమును 'మోల్' అందురు. ఒక మోల్ పదార్థము అనునది అవగాడ్రో సంఖ్య (N_A) కు సమానంగా వుండు అణువుల సంఖ్య కలిగిన పదార్థపు మొత్తమునకు సమానమగును. (అణువులు లేదా పరమాణువుల) 12 గ్రాములలో ^{12}C అణువులోని ఖచ్చితమైన కర్బన పరమాణువుల సంఖ్యను అవగాడ్రో సంఖ్య అందురు.

ఒక వేళ ఒక వాయువు μ మోల్ కణాలను పొందియున్న యెడల, కణముల సంఖ్య మొత్తము

$$N = \mu N_A \qquad (8.2)$$

N_A అనునది అవగాడ్రో సంఖ్య $(6.023\times10^{23}\mathrm{mol}^{-1})$ సమీకరణము 8.2 లో గల N యొక్క విలువను 8.1 లో ప్రతిక్షేపించిన

$PV = \mu N_A kT$ ఇక్కడ $N_A k = R$ ఇచ్చట R అనునది విశ్వవాయు స్థిరాంకము మరియు దీని విలువ 8.314 J /mol. K.

μ మోల్ వాయువు యొక్క ఆదర్శవాయు సూత్రము

$$PV = \mu RT \qquad (8.3)$$

ఇది ఆదర్శ వాయువు యొక్క స్థితి సమీకరణము అగును. ఈ సమీకరణము సమతుల్యతలో ఉన్న ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యొక్క పీడనము, ఘనపరిమాణము మరియు ఉష్ణోగ్రతల సంబంధాన్ని తెలియజేయుచున్నది.

ఉదాహరణ 8.2

ఇంటి నుండి 8 కి.మీ దూరములో నున్న బడికి విద్యార్థిని సైకిల్ ద్వారా వెళ్ళుచున్నది. ఇంటి వద్ద సైకిల్ వద్ద సైకిల్ టైర్ యొక్క గాలి పీడనం 27°C వద్ద 240 kPa ఆ విద్యార్థిని బడిని చేరిన తర్వాత సైకిల్ టైర్ ఉష్ణోగ్రత 39°C అయితే టైర్ యొక్క గాలి పీడనమును లెక్కించుము.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 98 21-01-2023 11:47:53



సాధన

మనము, టైరులోని గాలిని ఒక ఆదర్శ వాయువుగా తీసుకొందాం. గాలి అణువుల సంఖ్య మరియు టైరు ఘనపరిమాణము స్థిరంగా ఉన్నది. కాబట్టి 27°C వద్ద గాలి అణువులు ఆదర్శ వాయు సమీకరణము $P_1V_1 = NkT_1$ గానూ మరియు 39°C. వద్ద $P_2V_2 = NkT_2$ అనే వాయు సమీకరణమునూ సంతృప్తి పరచును.

ఇచ్చట T_1 మరియు T_2 అననునది కెల్విన్ ఉష్ణోగ్రత అగును. $V_1 = V_2 = V$ కాబట్టి

$$\frac{P_1V}{P_2V} = \frac{NkT_1}{NkT_2}$$

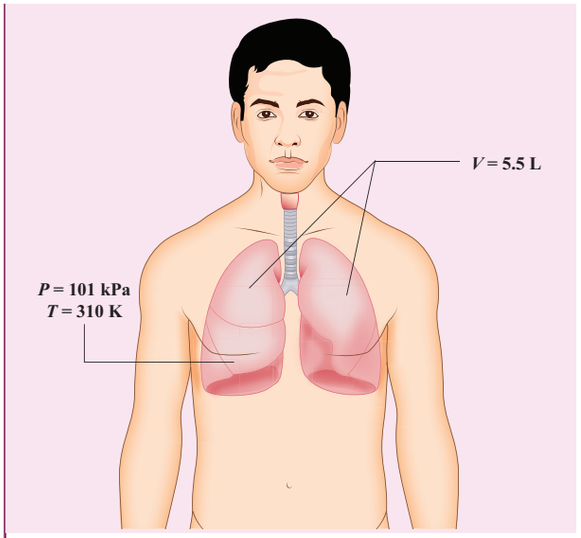
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1}P_1$$

$$P_2 = \frac{312K}{300K} \times 240 \times 10^3\, Pa = 249.6\, kPa$$

ఉదాహరణ 8.3

మానవుడు శ్వాసించునపుడు శరీర ఉష్ణోగ్రత 37°C మరియు వాతావరణ పీడనము (1 atm =101 kPa) వద్ద అతని ఊపిరితిత్తులు 5.5 లీటర్లు గాలిని పీల్చగలడు. ఈ గాలి 21% ఆక్సిజనును కలిగి ఉంది. ఊపిరితిత్తులలోని ఆక్సిజను అణువుల సంఖ్యను లెక్కించుము.



సాధన

ఊపిరితిత్తులలోని గాలిని ఆదర్శ వాయువుగా మనం పరిగణిద్దాము. అణువుల సంఖ్యను కనుగొనుటకు మనము ఆదర్శ వాయు సమీకరణమును ఉపయోగిద్దాం.

$$PV = NkT$$

ఇక్కడ వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము లీటర్లులో ఇవ్వబడింది. 10 cm భుజము గల ఒక ఘనాకార పాత్రలోని ఘనపరిమాణం ఒక లీటరుకు సమానం కావున

$$1\text{లీటరు} = 10\,\text{సెం.మీ} \times 10\,\text{సెం.మీ} \times 10\,\text{సెం.మీ} = 10^{-3}\,\text{m}^3$$

$$N = \frac{PV}{kT} = \frac{1.01\times10^5\,\text{Pa}\times5.5\times10^{-3}\,\text{m}^3}{1.38\times10^{-23}\,\text{JK}^{-1}\times310\text{K}}$$

$$= 1.29\times10^{23}\,\text{అణువులు}$$

కనుగొన్న N విలువలో 21% మాత్రమే ఆక్సిజన్ అణువులగును. కావున మొత్త ఆక్సిజన్ అణువుల సంఖ్య.

$$= 1.29 \times 10^{23} \times \frac{21}{100}$$

ఆక్సిజన్ అణువుల సంఖ్య $= 2.7 \times 10^{22}$ అణువులు

ఉదాహరణ 8.4

ఒకే పీడనము 1 atm గలిగిన STP మరియు గది ఉష్ణోగ్రత (300K) వద్ద ఏదైన ఒక మోల్ వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణమును కనుగొనుము. ఒక మోల్ పరిమాణము గల ఏదైన వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణమును STP వద్ద కనుగొనుము? మరియు అదే అణువుల ఘనపరిమాణమును గది ఉష్ణోగ్రత

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 99 21-01-2023 11:47:58

300K మరియు ఒక వాతావరణ పీడనము 1 atm లో లెక్కించుము.

సాధన:

STP అంటే ప్రామాణిక ఉష్ణోగ్రత (T=273K లేదా 0°C) మరియు పీడనము (P=1 atm లేదా 101.3 kPa) ఆదర్శ వాయు సమీకరణమును ఉపయోగించగా $V = \frac{\mu RT}{P}$.

ఇక్కడ $\mu = 1$ మోల్ మరియు $R = 8.314$ J/మోల్.K. విలువలను పై సమీకరణములో ప్రతిక్షేపించగా

$$V = \frac{(1\text{మోల్})(8.314\frac{\text{J}}{\text{మోల్}}\text{K})(273\text{K})}{1.013\times10^{5}\,\text{Nm}^{-2}}$$

$=22.4 \times 10^{-3}\,\text{m}^3$

1 లీటరు (L) $=10^{-3}\text{m}^3$ అని మనకు తెలియును. కాబట్టి 1 మోల్ పరిమాణము గల ఆదర్శ వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము 22.4 లీటర్లు అని మనకు తెలియుచున్నది. 22.4 లీటర్లను $\frac{300K}{273K}$ తో గుణించిన ఎడల గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక మోల్ వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణమును పొందవచ్చును. ఈ విధముగా లెక్కించునపుడు వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము 24.6 మీటర్లుగా లభించును.

ఉదాహరణ 8.5

NTP వద్ద మీ తరగతి గదిలో గల గాలి యొక్క ద్రవ్యరాశిని కనుగొనుము. ఇక్కడ NTP అనునది సాధారణ ఉష్ణోగ్రత (గది ఉష్ణోగ్రత) మరియు ఒక వాతావరణ పీడనము 1 atm ను సూచించును.



సాధన

ఒక తరగతి గది యొక్క సరాసరి కొలతలు వరుసగా 6 మీ పొడవు, 5 మీ వెడల్పు మరియు 4 మీ ఎత్తు అగును. గది యొక్క ఘనపరిమాణము $V = 6 \times 5 \times 4 = 120\text{m}^3$ ఈ ఘనపరిమాణములో మోలుల సంఖ్యను మనము కనుగొనవలయును, గది ఉష్ణోగ్రత 300K వద్ద ఒక మోల్ వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము 24.6 లీటర్లకు సమానము.

మోలుల సంఖ్య $\mu = \frac{120\text{m}^3}{24.6\times10^{-3}\text{m}^3}$ మోల్

గాలిలో 20% ఆక్సిజను, 79% నైట్రోజను మరియు మిగిలిన 1% ఆర్గాన్, హైడ్రోజను, హీలియం మరియు జెనాను వంటి వాయు మిశ్రమ మిశ్రమములు ఉండును. గాలి యొక్క మోలార్ ద్రవ్యరాశి 29 gmol^{-1} గదిలోని గాలి యొక్క మొత్తము ద్రవ్యరాశి $m = 4878 \times 29 \times 10^{-3} = 141.4\text{kg}$.

8.2.2 ఉష్ణ సామర్థ్యము మరియు విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (Heat capacity and specific heat capacity)

27°C ఉష్ణోగ్రతలో యున్న సమాన కొలత గల నీరు మరియు నూనెను తీసుకొని 50°C ఉష్ణోగ్రత వరకు రెండింటినీ వేడిచేయుము. నీరు మరియు నూనె ఉష్ణోగ్రతను పొందుటకు పట్టు కాలమును లెక్కించుము. ఈ రెండు కాలములు ఒకే విధముగా ఉండదని స్పష్టంగా తెలియుచున్నది. 50°C ఉష్ణోగ్రతను పొందుటకు నూనె కంటె నీరుకు అధిక కాలము పట్టునని మనకు తెలియును, నూనె కంటే నీటికి ఉష్ణోగ్రతను పెంచుటకు అధిక ఉష్ణశక్తి కావలసియున్నదని తెలియుచున్నది. ఇప్పుడు 27°C వద్ద రెట్టింపు నీటిని తీసుకొని 50°C వరకు వేడిచేయుము.

ముందు సంఘటన కంటే వీటికి రెట్టింపు కాలము పట్టునని తెలియుచున్నది. ఇవ్వబడిన వస్తువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత T నుండి $T + \Delta T$ కు పెంచుటకు కావలసిన ఉష్ణశక్తిని ఉష్ణ సామర్థ్యము అందురు.

$$\text{ఉష్ణ సామర్థ్యము } S = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

ఒక కిలోగ్రాము ద్రవ్యరాశి గల పదార్థము యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 1 కెల్విన్ లేదా 1°C వరకు పెంచుటకు కావలసిన ఉష్ణశక్తి యొక్క కొలతను, ఆ పదార్థము యొక్క విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అని నిర్వచింపబడును.

$$\Delta Q = m\, s\Delta T$$

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 100 21-01-2023 11:47:59

కావున,

$$s = \frac{1}{m}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

5WL8P

S అనునది పదార్థము యొక్క విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము మరియు దీని వలన పదార్థపు కొలత కాకుండా కేవలము పదార్థపు సహజత్వముపై ఆధారపడియుండును.

ΔQ = ఉష్ణశక్తి కొలత

ΔT = ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు

m = పదార్థపు ద్రవ్యరాశి

విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము యొక్క SI ప్రమాణ $J\,kg^{-1}\,K^{-1}$ అగును. ఉష్ణ సామర్థ్యము మరియు విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యములు ధనాత్మక రాశులగును.

పట్టిక 8.2 1 atm పీడనము మరియు 20°C ఉష్ణోగ్రతవద్ద కొన్ని సాధారణ పదార్థముల యొక్క విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము.

పదార్థము	విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము ($Jkg^{-1}K^{-1}$)
గాలి	1005
సీసము	130
రాగి	390
ఇనుము (ఉక్కు)	450
గాజు	840
అల్యూమినియం	900
మానవ శరీరం	3470
నీరు	4186

పట్టిక 8.2 నుండి నీటికి అత్యధిక విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము గలదు అని తెలియుచున్నది. ఈ కారణం చేత విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి కేంద్రము మరియు న్యూక్లియర్ రియాక్టరులలో నీటిని చల్లబరుచు సాధనముగా ఉపయోగిస్తారు.

గమనిక

ఉష్ణ సామర్థ్యము లేదా విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అనునది వస్తువు పొందియున్న ఉష్ణ పరిమాణమును తెలుపునది కాదు. ఉష్ణము అనునది అధిక ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువు నుండి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువునకు మార్పిడి చెందిన శక్తి అగును. కావున విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అని అనుటకన్నా అంతర్గత శక్తి సామర్థ్యము అనుట ఉత్తమము. కానీ చాలా కాలముగా ఇదే పదాలు వాడుకలో ఉండటం వల్ల వాటినే ప్రస్తుతం ఉపయోగిస్తున్నాం.

మీకు తెలుసా?

ఒకే ద్రవ్యరాశి గల రెండు వివిధ వస్తువులను సమాన వ్యవధులలో వేడిచేసినపుడు తక్కువ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము గల వస్తువులో ఉష్ణోగ్రత వేగముగా పెరుగును.

ఒకే ద్రవ్యరాశి గల రెండు వస్తువులను చల్లబరచినపుడు తక్కువ విశిష్టోష్ణసామర్థ్యమును కలిగిన వస్తువు త్వరగా చల్లబడును.

వాయువుల ధర్మాలను గూర్చి మనం అభ్యసించునపుడు మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యమును వాడుకలో ఉపయోగిస్తాం. ఒక మోల్ వాయు పదార్థములో 1K లేదా 1°C ఉష్ణోగ్రతను పెంచుటకు కావలసిన ఉష్ణశక్తి పరిమాణమును మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అందురు. దీనిని క్రింది విధంగా కూడా వ్రాయవచ్చును.

$$C = \frac{1}{\mu}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

ఇక్కడ C అనునది వాయు పదార్థము యొక్క మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము మరియు μ అనునది పదార్థములోని అణువుల మోలుల సంఖ్య అగును.

మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము యొక్క SI ప్రమాణము J మోల్$^{-1}$ K^{-1} ఇది కూడా ఒక ధనాత్మక రాశి.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 101 21-01-2023 11:47:59

8.2.3 ఘన, ద్రవ మరియు వాయు పదార్థముల యొక్క ఉష్ణ వ్యాకోచము (Thermal expansion of solids, liquids and gases)

ఉష్ణోగ్రత మార్పు వలన, పదార్థము యొక్క ఆకారము, వైశాల్యము మరియు ఘనపరిమాణములు మార్పు చెందు ప్రభావమును ఉష్ణ వ్యాకోచము అందురు.

పదార్థపు మూడు (ఘన, ద్రవ మరియు వాయు), స్థితులను వేడిచేసినపుడు వ్యాకోచము చెందును. ఒక ఘన పదార్థపు వేడి చేసినపుడు, దాని పరమాణువులు నిర్ణీత సమతాస్థితి బిందువు ఆధారంగా అధిక కంపన పరిమితితో కంపనము చెందును. ద్రవ మరియు వాయు పదార్థాలతో పోల్చినపుడు ఘన పదార్థముల పరిమాణములో ఏర్పడే మార్పు తక్కువగా ఉండును. రైలు పట్టాల దిమ్మెల మధ్య కొంత ఖాళీ స్థలము వుండును. ఎందుకంటే వేసవి కాలములో పట్టాల దిమ్మె వ్యాకోచము చెంది సాగును.



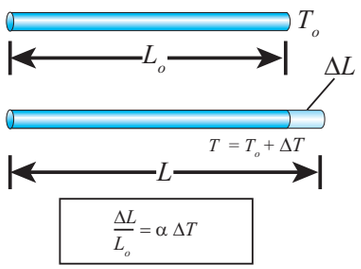


పటము 8.3 సురక్షితము కొరకు వ్యాకోచ కీలు

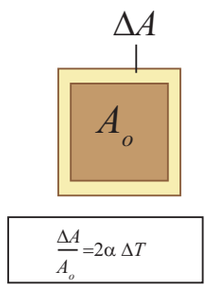
రైలు రహదారులు, బ్రిడ్జిల, ట్రాకుల మధ్య ఉష్ణోగ్రత మారునపుడు అవి సులభంగా వ్యాకోచము మరియు సంకోచము చెందుటకు వ్యాకోచ కీలు ఉండును. ఇది పటము 8.3 లో చూపబడినది.

ఘన పదార్థముల కంటే ద్రవ పదార్థములలో అంతర పరమాణు బలములు తక్కువగా ఉండును. కాబట్టి అవి ఘన పదార్థముల కంటే అధికంగా వ్యాకోచము చెందును.

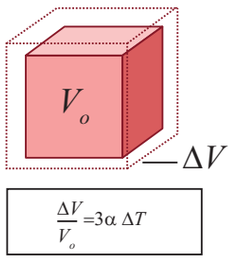
ఈ ధర్మము ఆధారంగా పాదరస ఉష్ణమాపకము పనిచేయును. వాయు అణువుల మధ్య అంతర పరమాణు బలములు అత్యంత తక్కువగా ఉపేక్షించదగిన స్థితిలో ఉండును. కనుక ఘన పదార్థముల కంటే వాయు పదార్థములలో చాలా ఎక్కువగా వ్యాకోచము చెందును. ఉదాహరణకు వేడిగాలి బెలూన్‌లలో వాయు అణువులు వేడి అయినపుడు, అవి వ్యాకోచము చెంది, ఎక్కువ ఆవరణమును ఆక్రమించును.



(అ) దైర్ఘ్య వ్యాకోచము



(ఆ) విస్తీర్ణ వ్యాకోచము



(ఇ) ఘనపరిమాణ వ్యాకోచము

పటము 8.4 ఉష్ణ వ్యాకోచము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 102 21-01-2023 11:48:00

ఉష్ణోగ్రత పెరుగుట వలన వస్తువు యొక్క పరిమాణము ములోని పెరుగుదలను ఉష్ణవ్యాకోచము అందురు.

పొడవులో ఏర్పడే వ్యాకోచమును ధైర్ఘ్య వ్యాకోచము అందురు. అదే విధంగా వైశాల్యములో ఏర్పడే వ్యాకోచాన్ని విస్తీర్ణ వ్యాకోచము అందురు. మరియు ఘనపరిమాణములో ఏర్పడే వ్యాకోచమును ఘనపరిమాణ వ్యాకోచము అందురు. ఇది పటము 8.4 లో చూపబడినది.

ధైర్ఘ్య వ్యాకోచము:

ఘన పదార్థములలో ΔT అనే స్వల్ప ఉష్ణోగ్రత మార్పు వలన పొడవులో ఏర్పడిన అత్యల్ప మార్పు $\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)$ అనునది ΔT కు అనులోమానుపాతములో నుండును.

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$$

కనుక, $\alpha_L = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$

ఇచ్చట α_L = ధైర్ఘ్య వ్యాకోచ గుణకము

ΔL = పొడవులోని మార్పు

L_0 = ప్రారంభ పొడవు

ΔT = ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు

మీకు తెలుసా?

- ఒక గాజు జాడీ యొక్క మూత బిగుతుగా ఉన్నపుడు, వేడి నీళ్ళ దగ్గర మూతను వుంచిన యెడల, సులువుగా మూతను తెరవవచ్చును, ఎందుకనగా, గాజు కంటే మూత అధిక ఉష్ణ వ్యాకోచము చెందును.
- ఉడక బెట్టిన వేడి గ్రుడ్డును, చల్లని నీటిలో వేసినపుడు గ్రుడ్డు పెంకు సులభంగా తీసివేయవచ్చును. ఎందుకంటే గ్రుడ్డు మరియు పెంకు వేర్వేరు ఉష్ణ వ్యాకోచములు పొందియున్నవి.

ఉదాహరణ 8.6

ఈఫిల్ టవరు ఇనుముతో తయారు చేయబడింది మరియు సుమారు 300 మీ ఎత్తుగలది. శీతాకాలములో (జనవరి) ఫ్రాన్సులో ఉష్ణోగ్రత 2°C మరియు వేసవి కాలంలో సరాసరి ఉష్ణోగ్రత 25°C గా ఉంటుంది. వేసవి మరియు శీతాకాలం మధ్య కాలంలో ఈఫిల్ టవర్ యొక్క ఎత్తులో ఏర్పడు మార్పును లెక్కించుము. ఇనుము యొక్క ఉష్ణ వ్యాకోచ గుణకము $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ per °C.



సాధన:

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha_L L_0 \Delta T$$

$\Delta L = 10 \times 10^{-6} \times 300 \times 23 = 0.069$ m=69 mm

విస్తీర్ణ వ్యాకోచము:

ΔT అనే స్వల్ప ఉష్ణోగ్రత మార్పు వలన పదార్థము యొక్క వైశాల్యములో ఏర్పడిన అత్యల్ప మార్పు $\left(\frac{\Delta A}{A_0}\right)$ అనునది ΔT కు అనులోమానుపాతములో ఉండును, దీనిని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\frac{\Delta A}{A_0} = \alpha_A \Delta T$$

కనుక, $\alpha_A = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T}$

ఇక్కడ, α_A = వైశాల్య వ్యాకోచ గుణకము

ΔA = వైశాల్యములోని మార్పు

A_0 = ప్రారంభ వైశాల్యము

ΔT = ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు

ఘనపరిమాణ వ్యాకోచము:

ΔT అనే స్వల్ప ఉష్ణోగ్రత మార్పు వలన పదార్థము యొక్క ఘనపరిమాణంలో ఏర్పడిన అత్యల్ప మార్పు $\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)$ అనునది ΔT కు అనులోమానుపాతంలో ఉండును. దీనిని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \alpha_V \Delta T$$

కనుక, $$\alpha_V = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$$

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 103 21-01-2023 11:48:01

ఇక్కడ, α_V = ఘనపరిమాణ వ్యాకోచ గుణకము.

ΔV = ఘనపరిమాణములోని మార్పు

V_0 = ప్రారంభ ఘనపరిమాణము

ΔT = ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు

ఘన పదార్థముల యొక్క ధైర్ఘ్య, విస్తీర్ణ వైశాల్య మరియు ఘనపరిమాణ ఉష్ణ వ్యాకోచ గుణకముల ప్రమాణము $^{\circ}C^{-1}$ లేదా K^{-1}

గమనిక

ఇవ్వబడిన మాదిరి వస్తువుకు,

$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$ (ధైర్ఘ్య, విస్తీర్ణ వ్యాకోచము)

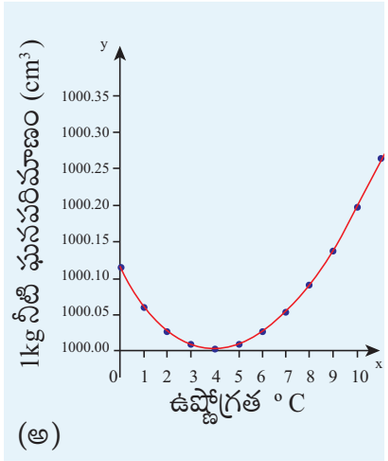
$\frac{\Delta A}{A_0} \approx 2\,\alpha_L \Delta T$ (విస్తీర్ణ వ్యాకోచము $\approx 2 \times$ ధైర్ఘ్య, వ్యాకోచము)

$\frac{\Delta V}{V_0} \approx 3\,\alpha_L \Delta T$ (ఘనపరిమాణ వ్యాకోచము $\approx 3 \times$ ధైర్ఘ్య, వ్యాకోచము)

8.2.4 నీటి యొక్క అసంగత వ్యాకోచము (Anomalous expansion of water)

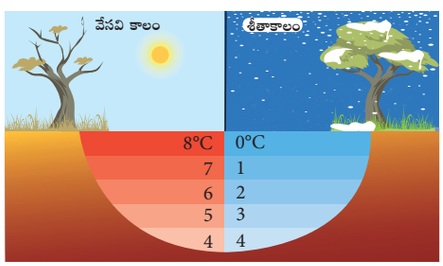
మితమైన ఉష్ణోగ్రత వద్ద, వేడిచేయుట వలన ద్రవములు వ్యాకోచము చెందును మరియు చల్లబరచుట వలన సంకోచము చెందును. కానీ దీనికి విరుద్ధంగా నీరు ఒక అసంగత స్వభావాన్ని వ్యక్తపరుస్తుంది. నీటిని వేడిచేసినపుడు 0˚C నుండి 4˚C ల మధ్య సంకోచము చెందును, నీటిని గది ఉష్ణోగ్రత నుండి చల్లబరచినపుడు దాని ఘనపరిమాణము 4˚C పొందు వరకు తగ్గుతుంది. ఉష్ణోగ్రత 4˚C కంటే తక్కువగా నీటిని చల్లబరచినపుడు దాని ఘనపరిమాణం అధికమవుతుంది. కాబట్టి దాని సాంద్రత తగ్గుతుంది. అనగా 4˚C ఉష్ణోగ్రత వద్ద నీరు గరిష్ఠ సాంద్రతను పొందును, నీటి యొక్క ఈ స్వభావమును నీటి క్రమ రహిత వ్యాకోచము అని అందురు. ఇది పటము 8.5 లో చూపబడినది.

శీతాకాలంలో శీతల ప్రదేశాలలో పటము 8.6లో చూపినట్లు సరస్సు యొక్క ఉపరితలము అడుగు భాగం కంటే తక్కువ ఉష్ణోత్రలో ఉండును. ఘన నీటి సాంద్రత (మంచుగడ్డ) ద్రవ రూపములో ఉన్న నీటి సాంద్రత



పటము 8.5 నీటి యొక్క అసంగత వ్యాకోచము

కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. కనుక 4˚C ఉష్ణోగ్రత క్రింద గడ్డ కట్టిన నీరు (మంచుగడ్డ) సాధారన నీటిపైన తేలియాడి సరస్సు ఉపరితలమునకు వచ్చును. దీనికి నీటి యొక్క అసంగత వ్యాకోచం కారణమగును. చెరువులు మరియు గుంటలలోని నీరు ఉపరితలముపై గడ్డకట్టి మంచు గడ్డలతో మూయబడియున్నప్పటికీ క్రింద గల నీరు గడ్డ కట్టకుండా జలచరాలు జీవించుటకు అనుకూలముగా ఉండును.



పటము 8.6 చెరువులలో నీటి యొక్క అసంగత వ్యాకోచము

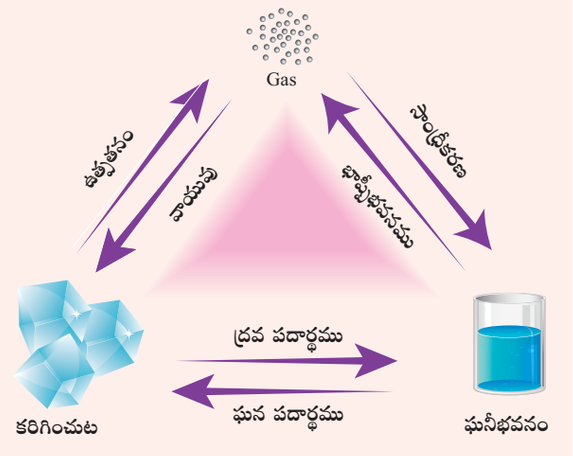
11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 104 21-01-2023 11:48:02

8.2.5 స్థితి మార్పు (Change of state)

సాధారణంగా అన్ని పదార్థములు, ఘన, ద్రవ, లేదా వాయు అను మూడు స్థితుల్లో ఉంటాయి. వేడిచేయుట లేదా చల్లబరుచుట వలన పదార్థములు ఒక స్థితి నుండి మరొక స్థితికి మార్పు చెందును.

ఉదాహరణములు:

1. ద్రవీభవనము (ఘన స్థితి నుండి వాయు స్థితికి)
2. భాష్పీభవనము (ద్రవ స్థితి నుండి వాయు స్థితికి)
3. ఉత్పతనము (ఘన స్థితి నుండి వాయు స్థితి)
4. ఘనీభవనము (ద్రవ స్థితి నుండి ఘన స్థితికి)
5. సంపీడ్యత (వాయు స్థితి నుండి ద్రవ స్థితికి)



పటము 8.7 పదార్థములో ఏర్పడు స్థితిమార్పు

గుప్తోష్ణ సామర్థ్యము (Latent heat capacity):

ఒక కుండలోని నీటిని వేడిచేసేటప్పుడు నీటి యొక్క మరుగు స్థానము 100 °C పొందు వరకు దాని ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతూనే ఉండును. తర్వాత, మారునంత వరకు దాని ఉష్ణోగ్రత స్థిరంగా ఉండును, ఈ ప్రక్రియలో ఉష్ణము నీటిలో అవిచ్ఛిన్నముగా ప్రవహిస్తూ ఉంటుంది. కాని నీటి ఉష్ణోగ్రత మరుగు స్థాన ఉష్ణోగ్రత కంటే పెరగకుండా అదే స్థాయిలో కొనసాగును. ఇది గుప్తోష్ణ సామర్థ్యము యొక్క ధర్మమగును.

ఏకాంక ద్రవ్యరాశి గల పదార్థము యొక్క స్థితిని మార్చుటకు కావలసిన ఉష్ణశక్తి రాశిని ఆ పదార్థము యొక్క గుప్తోష్ణ సామర్థ్యము అందురు.

$$Q = m \times L$$

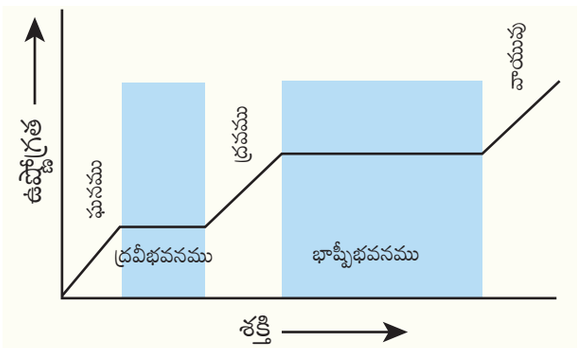
కనుక, $L = \frac{Q}{m}$

ఇక్కడ L = పదార్థము యొక్క గుప్తోష్ణ సామర్థ్యము

Q = ఉష్ణ పరిమాణము

m = పదార్థపు ద్రవ్యరాశి

గుప్తోష్ణ సామర్థ్యము యొక్క SI ప్రమాణములు $J\,kg^{-1}$ అగును.



పటము 8.8 పటము నీటి యొక్క ఉష్ణోగ్రత మరియు ఉష్ణ శక్తి మధ్య సంబంధం

గమనిక

స్థితి మార్పు నందు ఉష్ణమును అందించడమో లేదా తొలగించడమో జరిగినపుడు ఉష్ణోగ్రత మార్పు చెందకుండా అదే స్థితిలో ఉండును.

- ఘన స్థితి నుండి ద్రవ స్థితికి మార్చు గుప్తోష్ణమును ద్రవీభవనము యొక్క గుప్తోష్ణము అందురు. (L_f)
- ద్రవ స్థితి నుండి వాయు స్థితికి మార్చు గుప్తోష్ణమును భాష్పీభవన గుప్తోష్ణము అందురు. (L_v)
- ఘన స్థితి నుండి వాయు స్థితికి మార్చు గుప్తోష్ణమును ఉత్పతన గుప్తోష్ణము అందురు. (L_s)

త్రిక బిందువు (Triple point)

ఇవ్వబడిన ఒక పదార్థపు యొక్క మూడు స్థితులు (వాయు, ద్రవ మరియు ఘన) ఉష్ణ గతిక సమతుల్యత వద్ద ఉన్నప్పుడు ఆ పదార్థము యొక్క ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనములను పదార్థము యొక్క త్రిక బిందువు అందురు. నీటి యొక్క త్రిక బిందువు 273.1 K వద్ద వుండును మరియు పాక్షిక బాష్పీ పీడనము 611.657 పాస్కల్ అగును.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 105 21-01-2023 11:48:03

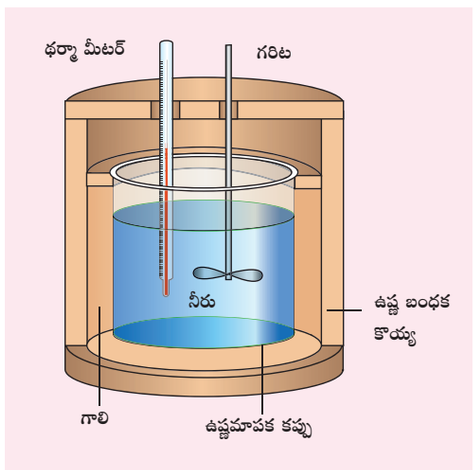
8.2.6 కెలోరిమితి (Calorimetry)

తాపగతిక వ్యవస్థను వేడిచేయు ప్రక్రియలో వెలువరచబడిన లేదా శోషింపబడిన ఉష్ణరాశిని కొలుచుటను కెలోరిమితి అందురు. అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద గల వస్తువును, తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద గల వస్తువు దగ్గర ఉంచినప్పుడు వేడి వస్తువు వలన ఉష్ణ నష్టము, చల్లని వస్తువు పొందు ఉష్ణ లాభమునకు సమానము ఉష్ణము చుట్టు ప్రక్కలకు వెలువడుటను అనుమతించబడదు. దీనిని క్రింది విధముగా గణితపరంగా వ్యక్తపరచవచ్చును.

$$Q_{\text{లాభము}} = -Q_{\text{నష్టము}}$$

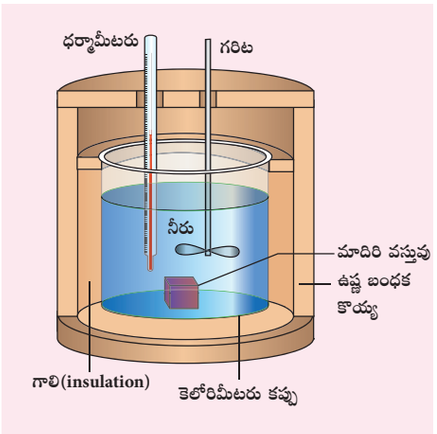
$$Q_{\text{లాభము}} + Q_{\text{నష్టము}} = 0$$

వెలువరచిన లేదా గ్రహింపబడిన ఉష్ణాన్ని ఉష్ణ మాపకం ద్వారా కొలువవచ్చును. సాధారణంగా పటము (8.9) లో చూపినట్లు ఉష్ణ మాపకం అనునది నీరు నింపబడిన ఉష్ణ బంధనం గావింపబడిన ఒక పాత్ర అగును.



పటము 8.9 కెలోరి మీటరు

ఒక మాదిరి (వస్తువు) అధిక ఉష్ణోగ్రత (T_1) కు వేడిచేయబడింది మరియు గది ఉష్ణోగ్రత (T_2) వద్ద ఉష్ణ మాపకంలో వుండు నీటిలో ముంచబడినది. కొంత సేపు తర్వాత మాదిరి వస్తువు మరియు నీరు తుది ఉష్ణోగ్రత T_f ను పొందుతుంది. ఉష్ణ మాపకము బంధకము గావింపబడినది గనుక, వేడిగా నున్న మాదిరి వస్తువు కోల్పోయిన ఉష్ణము నీరు పొందిన ఉష్ణమునకు సమానము. ఇది పటము (8.10) లో చూపబడినది.



పటము 8.10 మాదిరి వస్తువుతో గల ఉష్ణ మాపకము

$$Q_{\text{లాభము}} = -Q_{\text{నష్టము}}$$

సాంప్రదాయక గుర్తులను ఇచ్చట గమనించవలెను. ఉష్ణ నష్టమును ఋణాత్మకంగా, ఉష్ణ లాభాన్ని ధనాత్మకంగాను గుర్తించబడినది.

విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము నిర్వచనము నుండి

$$Q_{\text{లాభము}} = m_2 s_2 (T_f - T_2)$$

$$Q_{\text{నష్టము}} = m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

ఇక్కడ s_1 మరియు s_2 అనునది క్రమముగా మాదిరి వస్తువు మరియు నీటి యొక్క విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము. కాబట్టి

$$m_2 s_2 (T_f - T_2) = - m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

$$m_2 s_2 T_f - m_2 s_2 T_2 = - m_1 s_1 T_f + m_1 s_1 T_1$$

$$m_2 s_2 T_f + m_1 s_1 T_f = m_2 s_2 T_2 + m_1 s_1 T_1$$

తుది ఉష్ణోగ్రత

$$T_f = \frac{m_1 s_1 T_1 + m_2 s_2 T_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}$$

ఉదాహరణ 8.7

50°C ఉష్ణోగ్రత వద్ద వున్న 5 L నీటిని 30°C ఉష్ణోగ్రత వద్ద 4L నీటితో కలిపినపుడు నీటి యొక్క తుది ఉష్ణోగ్రత ఎంత? నీటి యొక్క విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము 4184 J $kg^{-1} K^{-1}$ అని తీసుకొనుము.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 106 21-01-2023 11:48:04

సాధన

క్రింది సమీకరణాన్ని మనం ఉపయోగించవచ్చును.

$$T_f = \frac{m_1 s_1 T_1 + m_2 s_2 T_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}$$

$m_1 = 5L = 5\text{kg}$ మరియు $m_2 = 4L = 4\text{kg}$, $s_1 = s_2$ మరియు $T_1 = 50°C = 323K$ మరియు $T_2 = 30°C = 303$ K.

కాబట్టి

$$T_f = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = \frac{5\times 323 + 4\times 303}{5+4} = 314.11 \text{ K}$$

$T_f = 314.11$ K-273K $\approx 41°C$.

ఒక వేళ మనం 50°C మరియు 30°C వద్ద వున్న సమాన ద్రవ్యరాశి గల నీటిని మనము కలిపిన యెడల ($m_1 = m_2$) రెండు ఉష్ణోగ్రతల సరాసరి తుది ఉష్ణోగ్రత అవుతుంది.

$$T_f = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{323+303}{2} = 313K = 40°C$$

30°C అనే ఒకే ఉష్ణోగ్రతలో ఉన్న రెండు నీటి మాదిరిలను ఒకదానితో మరొకటి కలిపినపుడు వాటి తుది ఉష్ణోగ్రత కూడా 30°C గా ఉండును. అనగా ఆ రెండు నీటి మాదిరిలు ఉష్ణసమతా స్థితిలో ఉన్నది. కావున రెండింటి మధ్య ఎటువంటి ఉష్ణమార్పిడి జరుగలేదు.

గమనిక

వాయువు మరియు ద్రవముల మిశ్రమము యొక్క తుది సమతాస్థితి ఉష్ణోగ్రత ఆ పదార్థముల ద్రవ్యరాశి వాటి విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము మరియు వాటి ఉష్ణోగ్రతలపై ఆధారపడియుండును. సమాన పరిమాణం గల ఒకే రకమైన పదార్థములను ఒకదానితో మరొకటి కలిసినపుడు మాత్రమే తుది ఉష్ణస్థితి అనునది వాటి విడివిడి ఉష్ణోగ్రతల సరాసరి విలువకు సమానమగును.

8.2.7 ఉష్ణ మార్పిడి (Heat transfer)

ఇంతకు ముందు మనం చూసినట్లు ఉష్ణము అనునది ఉష్ణోగ్రత భేదం వల్ల ఒక వస్తువు నుండి మరొక వస్తువుకు తీసుకొనిపోబడు ఒక శక్తి అగును. ఉష్ణమార్పిడి మూడు రకములుగా జరుగును. ఉష్ణ వహనము, ఉష్ణ సంవహనము మరియు ఉష్ణ వికిరణము.

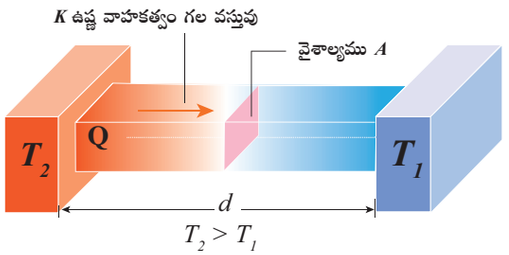
ఉష్ణ వహనము (Conduction)

ఉష్ణోగ్రత భేదం వల్ల పదార్థముల మధ్య ప్రత్యక్షంగా ఉష్ణమార్పిడి చెందు ప్రక్రియను ఉష్ణ వాహకత అందురు. రెండు పదార్థములు ఒకదానితో మరొకటి స్పర్శలో ఉంచినపుడు అధిక ఉష్ణోగ్రత గల పదార్థము నుండి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత గల పదార్థముకు ఉష్ణము మార్పిడి చెందును. ఉష్ణమును సులభంగా తమ ద్వారా ప్రసరించుటకు అనుమతించే పదార్థములను ఉష్ణ వాహకాలు అని అందురు.

ఉష్ణ వాహకత్వము (Thermal conductivity)

ఉష్ణమును ప్రసరించు సామర్థ్యమును ఉష్ణ వాహకత్వము అందురు.

స్థిర స్థితి నిబంధనలో ఏకాంక ఉష్ణోగ్రత తేడా వద్ద ఏకాంక మందము గల వస్తువు కూడా ఏకాంక వైశాల్యమునకు అభిలంబముగా గల దిశలో ప్రసరించే ఉష్ణ పరిమాణమును ఆ వస్తువు యొక్క ఉష్ణ వాహకత్వ సామర్థ్యము అందురు.



పటము 8.11 వాహకత వలన ఏర్పడు స్థిర స్థాయి ఉష్ణ చలనం

స్థిర స్థితిలో, ఉష్ణము యొక్క ప్రవాహ రేటు Q ఉష్ణోగ్రత మార్పు ΔT మరియు అడ్డుకోత వైశాల్యము A కు అనులోమానుపాతంలో వుండును. మరియు వాహక పొడవు L కు విలోమాను పాతంలో వుండును. కాబట్టి ఉష్ణ ప్రవాహ రేటు.

$$\frac{Q}{t} = \frac{KA\Delta T}{L}$$

ఇక్కడ K అనునది ఉష్ణ వాహకత్వ గుణకము (K ను ఇచ్చట కెల్విన్ ఉష్ణోగ్రతగా పరిగణించగూడదు)

ఉష్ణ వాహకత్వము యొక్క SI ప్రమాణము

$J\ s^{-1}\ m^{-1}\ K^{-1}$ లేదా $W\ m^{-1}\ K^{-1}$.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 107 21-01-2023 11:48:05

పట్టిక 8.3: 1 *atm* వద్ద కొన్ని పదార్థముల ఉష్ణ వాహకత్వములు (in $W\ m^{-1}\ K^{-1}$) లో

పదార్థము	ఉష్ణ వాహకత్వము	పదార్థము	ఉష్ణ వాహకత్వము
వజ్రము	2300	నీరు	0.56
వెండి	420	మానవ కణజాలము	0.2
రాగి	380	కొయ్య	0.17
అల్యూమినియం	200	హీలియం	0.152
ఉక్కు	40	కార్కు	0.042
గాజు	0.84	గాలి	0.023
ఇటుక	0.84		
మంచుగడ్డ	2		

గమనిక

స్థిర స్థాయి (Steady state): ప్రతి చోట ఉష్ణోగ్రత స్థిరమైన విలువలను పొంది మరియు ఏ చోటనూ ఉష్ణ మార్పిడి లేనటువంటి స్థాయిని స్థిరస్థాయి అందురు.

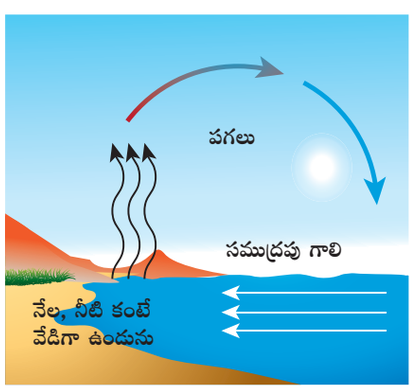
ఉష్ణ వాహకత్వము పదార్థము యొక్క గుణముపై ఆధారపడియుండును. ఉదాహరణకు వెండి మరియు అల్యూమినియం అధిక ఉష్ణవాహకత్వమును కలిగియుండును. కాబట్టి వాటిని వంట చేయు పాత్రలుగా ఉపయోగింతురు.

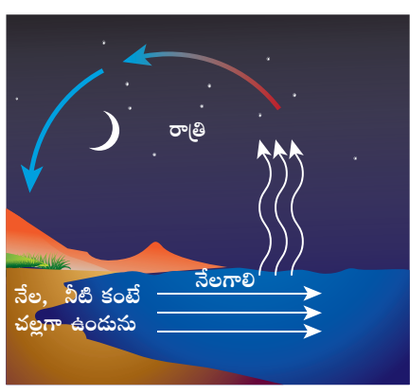
ఉష్ణ సంవహనము (Convection)

ద్రవ పదార్థములు మరియు వాయు పదార్థములలో వాస్తవమైన అణువుల కదలిక వలన ఉష్ణ మార్పిడి చెందు ప్రక్రియను 'ఉష్ణ సంవహనము' అందురు. ఉష్ణ సంవహనములో అణువుల ఒక స్థలము నుండి మరొక స్థలమునకు స్వేచ్ఛగా చలించును. ఈ ప్రక్రియ సహజంగా గాని లేదా బాహ్య బలము వలన గాని జరుగును.

మీకు తెలుసా?

పగటి పూటలో సూర్య కిరణములు వలన కలిగే వేడి సముద్రపు నీటి కంటే భూమి మీద అధికంగా ఉండును. దీని కారణము నీటి కంటే భూమికి తక్కువ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అగును. దీని ఫలితంగా భూమి పైన గల గాలి వ్యాకోచం చెంది దాని సాంద్రత తగ్గి పైకి వస్తుంది. అదే సమయములో సముద్రం పైన చల్లని గాలి భూమి మీదకు వీస్తుంది దీనినే సముద్రపు గాలి (sea breeze) అంటారు. భూ ఉపరితలముపై తక్కువ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము వలన రాత్రిపూట సముద్ర ఉపరితలము కంటే భూ ఉపరితలము తొందరగా చల్లబడతుంది. దీని ఫలితంగా సముద్రపు ఉపరితలములో గల వ్యాకోచము చెంది దాని సాంద్రత తగ్గి పైకి వెళ్ళును. అదే సమయంలో భూ ఉపరితలములో నున్న సాంద్రత వలన చల్లని గాలి సముద్రపు వైపునకు వీచును. దీనినే భూమి గాలి (land breeze) అందురు.





11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 108 21-01-2023 11:48:06

వంట చేయు పాత్రలో మరుగు నీరు ఉష్ణ సంవహనముకు ఒక ఉదాహరణము. పాత్ర అడుగు భాగంలోని నీరు అధిక ఉష్ణాన్ని గ్రహిస్తుంది. వేడి చేయుట వల్ల నీరు వ్యాకోచము చెంది మరియు అడుగు భాగమున నీటి సాంద్రత తగ్గుతుంది. సాంద్రత తగ్గడం వల్ల అణువులపైకి వచ్చును. అదే సమయంలో పై నుండి అణువులు తక్కువ ఉష్ణశక్తిని గ్రహించి సాంద్రత అధికమగును. కావున అవి పాత్ర అడుగు భాగానికి వచ్చి చేరును. ఈ ప్రక్రియ అవిచ్ఛిన్నముగా జరుగును. ఈ విధమైన అణువుల యొక్క పైకి క్రిందకు గల చలనాన్ని ఉష్ణ సంవహన ప్రవాహము అందురు.

గది వెచ్చగా వుంచుటకు మనము గది హీటర్లను వాడుచున్నాము. హీటరు దగ్గరగా నున్న గాలి అణువులు వేడిగావింపబడి వ్యాకోచము చెందును. వ్యాకోచము చెందుట వలన గాలి అణువుల సాంద్రత తగ్గి గదిలో పై భాగానికి వెళ్ళును. అదే సమయములో అధిక సాంద్రత గల చల్లని గాలి గదిలో క్రింది భాగానికి వచ్చును. ఈ విధముగా ఏర్పడు గాలి అణువుల అవిచ్ఛిన్న భ్రమణమును ఉష్ణ సంవహన ప్రవాహము అందురు.

ఉష్ణ వికిరణము (Radiation):

వేడిగా ఉన్న వంట పొయ్యి దగ్గర మన చేతులు చూపితే ఉష్ణ అనుభూతి పొందుతాము. ఇక్కడ వేడిగా గల ఆ వస్తువును తాకకుండానే మనము ఉష్ణాన్ని పొందగలిగాము. ఎందుకనగా వేడిగా గల వంట పొయ్యి నుండి వెలువడే ఉష్ణ శక్తిని ఉష్ణ వికిరణము ద్వారా మన చేతులకు చేరినది. సూర్యుడు నుండి కూడా ఉష్ణ శక్తిని ఇదే ఉష్ణ వికిరణముల ద్వారా పొందుతున్నాము. ఈ వికిరణములు శూన్యము గుండా పయణించి భూమిని చేరును. ఏ విధమైన యానకము అవసరము లేకుండా ఒక వస్తువు నుండి మరొక వస్తువుకు జరిగే శక్తి మార్పిడి వికిరణము యొక్క ప్రత్యేక ధర్మము అగును. కాని ఉష్ణ వాహకత మరియు ఉష్ణ సంవహనము నందు ఉష్ణ శక్తి మార్పిడికి యానకం అవసరము లేదు.

ఉష్ణ వికిరణము అనునది ఒక వస్తువు నుండి మరొక వస్తువుకు విద్యుదయస్కాంత తరంగముల ద్వారా ఉష్ణము ప్రసరించే ప్రక్రియ అగును.

ఉదాహరణము:

1. సూర్యుడు నుండి వెలువడే సౌరశక్తి
2. గది హీటరు నుండి వెలువడే ఉష్ణ వికిరణము

గమనిక

సాధారణంగా ఉష్ణోగ్రత పదార్థములతో మాత్రము (ఘన, ద్రవ, వాయు) అనుసంధింపబడి యుంటుంది. కానీ ఉష్ణ వికిరణము ఒక ఉష్ణ గతికశాస్త్ర వ్యవస్థ అగును. ఇది నిర్ధిష్ట ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనము కలిగియుండును. సూర్యుని నుండి వచ్చు దృశ్యా వికిరణము 5700K ఉష్ణోగ్రత వద్ద వుండును. భూమి దాని యొక్క పరారుణ ఆవరణము నుండి 300K ఉష్ణోగ్రత గల అంతరిక్షమునకు ఉష్ణ వికిరణమును ఉద్గారము చెందించును.

8.2.8 న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమము (Newton's law of cooling)

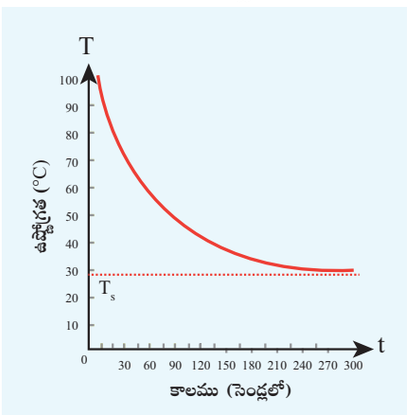
ఒక వస్తువు యొక్క ఉష్ణ నష్ట మార్పు రేటు అనునది ఆ వస్తువు మరియు దాని పరిసర ఆవరణమునకు మధ్య గల ఉష్ణోగ్రత భేదమునకు అనులోమానుపాతంలో వుండును. దీనినే న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమము అందురు.

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s) \qquad (8.4)$$

సమీకరణములోని ఋణ సంకేతము, ద్రవము యొక్క ఉష్ణరాశి నష్టము కాలంతో పాటు తగ్గుతుంది అని తెలియజేయుచున్నది. ఇచ్చట,

T = వస్తువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత

T_s = పరిసరాల ఉష్ణోగ్రత



పటము 8.12 కాలంతో పాటు వేడి నీటిని చల్లబరుచుట

పటము 8.12 రేఖాచిత్రము నుండి చల్లబరుచు రేటు మొదట అధికంగా ఉండి తరువాత ఉష్ణోగ్రత తరుగుదలకు తగినట్లు చల్లబరుచు రేటు తగ్గును

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 109 21-01-2023 11:48:06

అని తెలియుచున్నది. T ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి m మరియు విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము s అని పరిగణిద్దాం. T_s అనునది పరిసరము యొక్క ఉష్ణోగ్రత అనుకొందాము. స్వల్ప కాల వ్యవధిలో ఏర్పడిన ఉష్ణోగ్రత తరుగుదల dT అయితే ఉష్ణ నష్టము యొక్క పరిమాణము,

$$dQ = msdT \qquad (8.5)$$

సమీకరణము (8.5) ని ఇరువైపులా dt తో భాగించినపుడు

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{msdT}{dt} \qquad (8.6)$$

న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమము నుండి

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -\,a\,(T - T_s) \qquad (8.7)$$

'a' అనునది ఒక ధనాత్మక స్థిరాంకము.
సమీకరణము (8.6) మరియు (8.7) నుండి

$$-\,a\,(T - T_s) = ms\,\frac{dT}{dt}$$

$$\frac{dT}{T - T_s} = -\frac{a}{ms}\,dt \qquad (8.8)$$

సమీకరణము (8.8) ను ఇరువైపులా సమాకలనం చేసినపుడు,

$$\int \frac{dT}{T - T_s} = -\int \frac{a}{ms}\,dt$$

$$\ln (T - T_s) = -\frac{a}{ms}\,t + b_1$$

ఇక్కడ b_1 అనునది సమాకలనం స్థిరాంకము అగును. ఇరువైపులా ఘాతాన్ని తీసుకొనినపుడు

$$T = T_s + b_2\, e^{-\frac{a}{ms}t} \qquad (8.9)$$

ఇక్కడ $b_2 = e^{b_1}$ = స్థిరాంకము

ఉదాహరణ 8.8

27°C గది ఉష్ణోగ్రతలో ఉన్న వేడి నీరు 3 నిమిషాలలో 92°C నుండి 84°C కు చల్లబడ్డాయి. అదే వేడినీరు 65°C నుండి 60°C వరకు ఉష్ణోగ్రత తగ్గుటకు పట్టుకాలమెంత?

వేడి నీరు 3 నిమిషాలలో 8°C చల్లబడినది. 92°C మరియు 84°C ల సరాసరి ఉష్ణోగ్రత 88°C ఇది గది ఉష్ణోగ్రత కంటే 61°C ఎక్కువగా ఉన్నది. సమీకరణము (8.8) ను ఉపయోగించి

$$\frac{dT}{T - T_s} = -\frac{a}{ms}\,dt \text{ లేదా } = \frac{dT}{dt} = -\frac{a}{ms}(T - T_s)$$

$$\frac{8^oC}{3\text{నిమిషాలు}} = -\frac{a}{ms}(61^oC)$$

అదే విధంగా 65°C మరియు 60°C ల సరాసరి ఉష్ణోగ్రత 62.5°C అగును. ఇది గది ఉష్ణోగ్రత కంటే 35.5°C ఎక్కువగా ఉన్నది.

$$\frac{5^oC}{dt} = -\frac{a}{ms}(35.5^oC)$$

రెండు సమీకరణములను భాగించినపుడు

$$\frac{\frac{8^oC}{3\,\text{min}}}{\frac{5^oC}{dt}} = \frac{-\frac{a}{ms}(61^oC)}{-\frac{a}{ms}(35.5^oC)}$$

$$\frac{8\times dt}{3\times 5} = \frac{61}{35.5}$$

$$dt = \frac{61\times 15}{35.5\times 8} = \frac{915}{284} = 3.22\,\text{min}$$

8.3 ఉష్ణ మార్పిడి నియమాలు (LAWS OF HEAT TRANSFER)

8.3.1 ప్రీవోస్టు ఉష్ణ మార్పిడి సిద్ధాంతము (Prevost theory of heat exchange)

ప్రతి వస్తువు అన్ని నిర్ధిష్ట ఉష్ణోగ్రతల వద్ద (0 K) తపు ఉష్ణ వికిరణమును ఉద్గారము చేస్తుంది. ఇదే విధముగా పరిసరాల నుండి వికిరణమును శోషిస్తుంది. ఉదాహరణకు, నీరు ఒక వ్యక్తిని తాకినపుడు వారు నీ చర్మమును వేడిగా లేదా చల్లగా వుండుట గమనింతురు. అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద వున్న వస్తువు, పరిసరాల నుండి పొందే ఉష్ణము కంటే అధిక ఉష్ణాన్ని పరిసరాలకు వికిరణము చేస్తుంది. అదే విధంగా తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద వున్న వస్తువు కోల్పోయిన ఉష్ణము కంటే పరిసరముల నుండి ఎక్కువ ఉష్ణాన్ని గ్రహిస్తుంది.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 110 21-01-2023 11:48:10

ప్రీవోస్టు ఉష్ణ సమతుల్యత యొక్క ఆలోచనను వికిరణమునకు అనువర్తనము చేశాడు. అన్ని వస్తువులు వికిరణాన్ని వెదజల్లుతాయి. కానీ చల్లని వస్తువుల కంటే వేడి వస్తువులు అధికంగా ఉష్ణ వికిరణాన్ని వెదజల్లుతాయి అని ప్రీవోస్టు తెలియజేసాడు.

ఒక నిర్ధిష్ట కాలము వద్ద రెండు వస్తువుల యొక్క ఉష్ణ మార్పిడి రేటు సమానంగా వుండును. ఇప్పుడు రెండు వస్తువులు ఉష్ణ సమతుల్యతలో ఉన్నాయని చెప్పవచ్చును.

ఒక వస్తువు పరమ ఉష్ణోగ్రత (శూన్యంగా) వద్ద ఉన్నప్పుడు ఆ వస్తువులో ఉష్ణ ఉద్గారము నిలిచిపోతుంది. ప్రీవోస్టు సిద్ధాంతము ప్రకారం పరిసరాలతో సంబంధం లేకుండా అన్ని వస్తువులు పరమ శూన్య ఉష్ణోగ్రతకు పైన గల అన్ని ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఉష్ణ వికిరణాన్ని వెదజల్లుతాయి.

8.3.2 స్టీఫన్ బోల్ట్జ్‌మెన్ నియమము (Stefan Boltzmann law)

కృష్ణ వస్తువు యొక్క ఏకాంక వైశాల్యములో ఏకాంక కాలమునకు వికిరణము చేయబడిన ఉష్ణ శక్తి యొక్క మొత్త పరిమాణమును ఆ కృష్ణ వస్తువు యొక్క పరమ ఉష్ణోగ్రత యొక్క నాల్గవ ఘాతమునకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును.

$$E \propto T^4 \text{ లేదా } E = \sigma T^4 \qquad (8.10)$$

ఇక్కడ σ అనునది స్టీఫన్ స్థిరాంకము దీని విలువ $5.67\times 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ k^{-4}$

గమనిక

ఒక వస్తువు పరిపూర్ణ కృష్ణ వస్తువు కానప్పుడు

$$E = e\ \sigma\ T^4 \qquad (8.11)$$

'e' అనునది తలము యొక్క ఉద్గార సామర్థ్యము. ఒక నిర్ణీత ఉష్ణోగ్రత మరియు తరంగదైర్ఘ్యమువద్ద వస్తువు యొక్క తలము వలన వికిరణము చేయబడు ఉష్ణశక్తికి మరియు సంపూర్ణ కృష్ణ వస్తువు నుండి వెలువడు వికిరణమునకు మధ్యగల నిష్పత్తిని ఉద్గార సామర్థ్యము అందురు.

8.3.3 వీన్ స్థానభ్రంశ నియమము (Wien's displacement law)

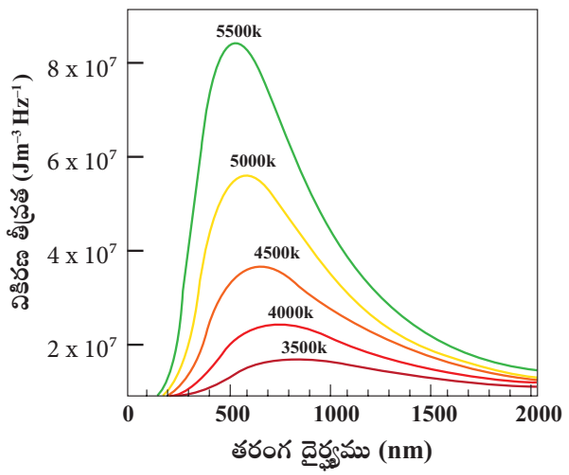
విశ్వములో ప్రతి వస్తువు వికిరణాన్ని ఉద్గారము చేస్తుంది. ఈ వికిరణము యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము వస్తువు యొక్క పరమ ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడియుండును. ఉద్గార వికిరణములు వివిధ తరంగదైర్ఘ్యములను కలిగియుండును మరియు వీటి తరంగదైర్ఘ్యముల తీవ్రత వేర్వేరుగా ఉండును.

వీన్ స్థానభ్రంశ నియమం ప్రకారము ఒక కృష్ణ వస్తువు వికిరణము వలన ఉద్గారమయ్యే గరిష్ట తీవ్రత గల తరంగదైర్ఘ్యము (λ_m) అనునది ఆ కృష్ణ వస్తువు యొక్క పరమ ఉష్ణోగ్రతకు (T) విలోమానుపాతంలో ఉండును.

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} \text{ లేదా } \lambda_m = \frac{b}{T} \qquad (8.12)$$

ఇక్కడ b అనునది వీన్ స్థిరాంకము. దీని విలువ $2.898\times 10^{-3}\ m\ K$

వస్తువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత అధికమయినపుడు తరంగముల గరిష్ట తీవ్రత (λ_m) విద్యుదయస్కాంత తరంగముల యొక్క తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యము (ఎక్కువ పౌన:పున్యము) వైపు స్థానభ్రంశము చెందును. ఇది పటము 8.13 లో చూపబడినది.



పటము 8.13 వీన్ స్థానభ్రంశ నియమము

రేఖా పటము నుండి తరంగదైర్ఘ్యము యొక్క గరిష్ట తీవ్రత (λ_m) పరమ ఉష్ణోగ్రతకు విలోమానుపాతంలో ఉండును అని తెలియచున్నది. ఈ వక్రరేఖను కృష్ణ వస్తువు వక్రరేఖ అని అందురు

వీన్ నియమము మన దృష్టి:

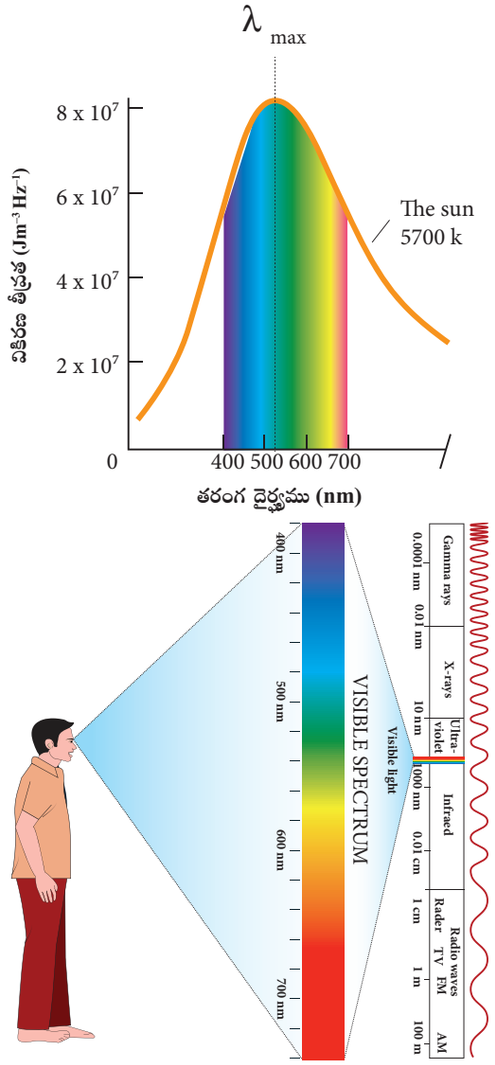
మన కంటి ద్వారా విద్యుదయస్కాంత తరంగములలో గల దృశ్య ప్రాంతము 400 nm to 700nm వరకు మాత్రమే చూచుటకు వీలగును. కారణమేమి?

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 111 21-01-2023 11:48:11

సూర్యున్ని ఒక కృష్ణ వస్తువుగా పరిగణిద్దాము. 0 K ఉష్ణోగ్రత పైన అన్ని వస్తువులు వికిరణమును ఉద్ఘారిస్తాయి. దీని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత సుమారు 5700 K ఈ విలువను సమీకరణము 8.12 లో ప్రతిక్షేపించినపుడు.

$$\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2.898\times10^{-3}}{5700} \approx 508\,nm$$

ఇది గరిష్ట తీవ్రత వద్ద తరంగదైర్ఘ్యము 508*nm*. సూర్యుని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత సుమారు 5700K గనుక సూర్యుని వలన ఉద్ఘారము చెందిన వికిరణ వర్ణ పటము 400 nm మరియు 700 nm ల మధ్య ఉండును. ఈ విద్యుదయస్కాంత వర్ణ పటము యొక్క దృశ్యా భాగము పటము 8.14 లో చూపబడినది.



పటము 8.14 వీన్ నియమము మరియు మన దృష్టి

మానవ జాతి ఈ ఉష్ణ వికిరణము శోషించడము వలన పరిణామము చెందినది. కావున మన కళ్ళు సూర్య వర్ణ పటములో గల దృశ్య ప్రాంతమును మాత్రమే చూచుటక వీలగును. పరారుణ కిరణముల లేదా X–కిరణములను చూచుటకు వీలుకాదు.

ఒక వేళ మానవులు సిరియన్ (9940K) అను నక్షత్రము దగ్గర ఉన్న ఒక గ్రహము క్రింద పరిణామము చెందిన యెడల వారు అతి నీలలోహిత కిరణములను చూచుటకు సామర్థ్యము గల వారై యుందురు.

ఉదాహరణ 8.9

A అనే ఒక వస్తువు యొక్క వికిరణ సామర్థ్యము E_A మరియు λ_A తరంగదైర్ఘ్యముకు గరిష్ఠ శక్తిని వికిరణము చేయును. B అనే మరొక కృష్ణ వస్తువు యొక్క వికిరణ సామర్థ్యము $E_B = N\,E_A$ మరియు దాని గరిష్ట తరంగ దైర్ఘ్యము $\frac{1}{2}\lambda_A$ అయితే N విలువ ఎంత?

సాధన:

వీన్ స్థానభ్రంశ నియమము ప్రకారము

$\lambda_{max}\,T$ = స్థిరాంకము (A మరియు B కృష్ణ వస్తువులకు)

$$\lambda_A T_A = \lambda_B T_B.\ \text{ఇక్కడ}\ \lambda_B = \frac{1}{2}\lambda_A$$

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{\lambda_A}{\left(\frac{1}{2}\right)\lambda_A} = 2$$

$$T_B = 2T_A$$

స్టీఫెన్ బర్ట్జ్ మెన్ నియమము నుండి

$$\frac{E_B}{E_A} = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^4 = (2)^4 = 16 = N$$

A కృష్ణ వస్తువుతో పోల్చినపుడు B కృష్ణ వస్తువు తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యమును ఉద్ఘారము చేస్తుంది. కాబట్టి A కృష్ణ వస్తువు కంటే B కృష్ణ వస్తువు అధిక శక్తి గల వికిరణాన్ని ఉద్ఘారము చేసెను.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 112 21-01-2023 11:48:12

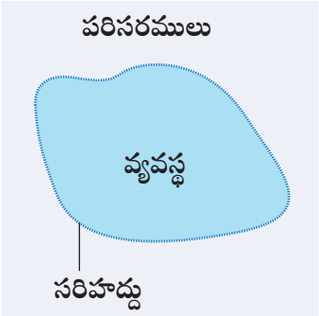
8.4 ఉష్ణగతిక శాస్త్రము (THERMODYNAMICS)

8.4.1 ఉపోద్ఘాతము (Introduction)

ముందు పాఠ్య భాగములలో ఉష్ణము, ఉష్ణోగ్రత మరియు పదార్థము యొక్క ఉష్ణ ధర్మములను మనం చదివియున్నాము. పనిని ఉష్ణముగాను మరియు ఉష్ణమును పనిగాను మార్చు ప్రక్రియలను నియంత్రించు నియమాలను గురించి వివరించు భౌతిక శాస్త్ర విభాగాన్ని ఉష్ణ గతిక శాస్త్రము అందురు. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర నియమములు బెర్నూలే, జౌల్, క్లాషియస్, కెల్విన్, కార్నాట్ మరియు హెల్మ్ హోల్జ్ వంటి శాస్త్రజ్ఞుల 3 శతాబ్దాల ప్రయోగాల ద్వారా రూపొందించబడినది. నిత్య జీవితంలో మన చుట్టూ జరుగు అన్ని ప్రక్రియలు మన శరీరంతో జరుగు ప్రక్రియలు కూడా ఉష్ణగతిక శాస్త్ర నియమాలను ఆధారంగా జరుగుచున్నది. కాబట్టి ఉష్ణగతిక శాస్త్రము అనునది భౌతిక శాస్త్రములో ప్రాముఖ్యమైన భాగము అగును.

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ:

ఉష్ణ గతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ అనునది ఈ విశ్వము నిర్వచించదగిన ఒక భాగమును. ఇది పీడనము (P) ఘనపరిమాణము (V) మరియు ఉష్ణోగ్రత (T) వంటి పరామితులచే నిర్వచించబడిన గరిష్ట సంఖ్య గల కణముల సేకరణ అగును. విశ్వము యొక్క మిగిలిన భాగము పరిసరములు అనబడును. ఇవి రెండూ కూడా ఒక సరిహద్దు చేత విభజింపబడినది. ఇది పటము 8.5 లో చూపబడినది.



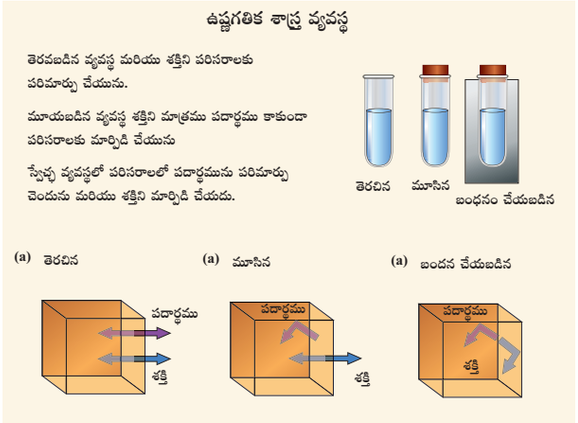
పటము 8.15 ఉష్ణ గతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ

ఉదాహరణ:

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ అనునది ఘన, ద్రవ మరియు వాయు వికిరణము వంటి రూపంలో వుండవచ్చును.

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ	పరిసరములు
బొక్కెనలో నీరు	వాతావరణము
గదిలోని అణువులు	గది వెలుపల గల గాలి
మానవ శరీరము	వాతావరణము
సముద్రములోని చేప	సముద్రపు నీరు

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ మనం మూడు విధాలుగా విభజింపవచ్చును. ఇది 8.16 లో ఇవ్వబడినది.



పటము 8.16 వివిధ రకాల ఉష్ణగతిక వ్యవస్థలు

8.4.2 ఉష్ణ సమతుల్యత (Thermal equilibrium)

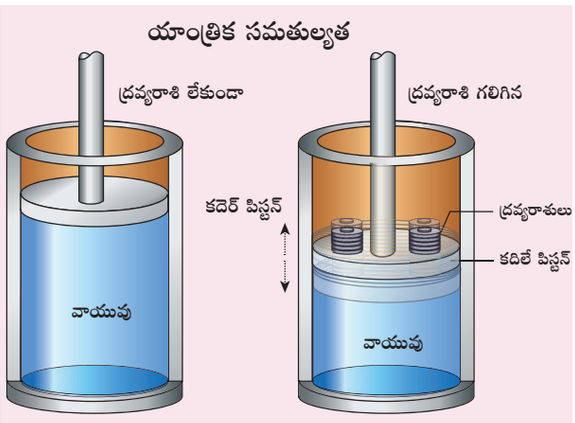
వేడిగా ఉన్న ఒక కప్పు కాఫీనీ గదిలో వుంచినపుడు ఉష్ణము కాఫీ నుండి చుట్టు ప్రక్కల పరిసరాలకు ప్రవహిస్తుంది. కొంతసేపటి తర్వాత కాఫీ చుట్టు ప్రక్కల ఉష్ణోగ్రతకు సమంగా వుంటుంది. దీని తరువాత కాఫీ నుండి పరిసరాలకు, పరిసరముల నుండి కాఫీకి ఎటువంటి ఉష్ణ మార్పిడి ఉండదు. అంటే కాఫీ మరియు వాతావరణము సమతుల్యతను పొందినదని ఇది సూచిస్తున్నది.

రెండు వ్యవస్థలు ఒకదానితో మరొకటి ఉష్ణ సమతుల్యతలో ఉంటే ఆ రెండు వ్యవస్థలు ఒకే ఉష్ణోగ్రతలో ఉండవలెను మరియు అది కాలముతో పాటు మార్పు చెందకుండా ఉండవలెను. ఆ రెండు వ్యవస్థలతో రసాయనిక సమతుల్యతలో వున్నదని చెప్పవచ్చును.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 113 21-01-2023 11:48:12

యాంత్రిక సమతుల్యత (Mechanical equilibrium):

పటము 8.17 లో చూపినట్లు ఒక ముషలకము గల వాయువు నింపబడిన పాత్రను పరిగణించండి. పిస్టన్‌పై ఒక ద్రవ్యరాశిని వుంచినపుడు అథో:గురుత్వ బలము వలన ఇది క్రిందికి కదులును మరియు కొన్ని ఎగుడు దిగుడు తర్వాత పిస్టను కొత్త స్థానంలో విరామ స్థితికి వచ్చును. పిస్టన్ వలన అథో:గురుత్వ బలము వాయువుచే వెలువడిన ఊర్ధ్వ బలము సమతుల్యము చేయబడినపుడు వ్యవస్థ యాంత్రిక సమతుల్యతలో ఉన్నదని తెలియుచున్నది. ఉష్ణగతికశాస్త్ర వ్యవస్థపై ఎటువంటి అసమతుల్య బలము పనిచేయనపుడు ఆ వ్యవస్థ యాంత్రిక సమతుల్యతలో ఉంది అని అర్థము.



పటము 8.17 యాంత్రిక సమతుల్యత

రసాయనిక సమతుల్యత (Chemical equilibrium):

రెండు వ్యవస్థలు ఒకదానికొకటి ఉష్ణయాంత్రిక మరియు రసాయనిక సమతుల్యతలో వుండిన యెడల ఆ రెండు వ్యవస్థలు ఉష్ణగతిక శాస్త్ర సమతుల్యతలో ఉన్నదని అర్థము. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర సమతుల్యత స్థితిలో పీడనము ఘనపరిమాణము మరియు ఉష్ణోగ్రత వంటి సూక్ష్మ చరరాశులు నిర్దిష్ట విలువలను కలిగియుండును అది కాలంతో పాటు మారవు.

ఉష్ణగతికశాస్త్ర సమతుల్యత (Thermodynamic equilibrium):

రెండు వ్యవస్థలు ఒకదానికొకటి ఉష్ణ యాంత్రిక మరియు రసాయనిక సమతుల్యతలో వుండిన యెడల ఆ రెండు వ్యవస్థలు ఉష్ణగతికశాస్త్ర సమతుల్యతలో వున్నదని అర్థము. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర సమతుల్యత స్థితిలో పీడనము, ఘనపరిమాణము మరియు ఉష్ణోగ్రత వంటి సూక్ష్మ చరరాశులు నిర్దిష్ట విలువలను కలిగియుండును. అవి కాలంతో పాటు మారవు.

8.4.3 ఉష్ణగతిక శాస్త్ర స్థితి చరరాశులు (Thermodynamic state variables)

యాంత్రిక శాస్త్రంలో, దిశావేగము, ద్రవ్య వేగము మరియు త్వరణము మొదలగునవి. కదిలెడు వస్తువులను గురించి వివరించుటకు ఉపయోగపడతాయి. ఉష్ణగతికశాస్త్రంలో ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ యొక్క స్థితిని వివరించే చరరాశుల సమితిని ఉష్ణగతికశాస్త్ర చరరాశులు అని అందురు.

ఉదాహరణ: పీడనము, ఉష్ణోగ్రత, ఘనపరిమాణము మరియు అంతర్గగత శక్తి మొదలగునవి.

ఈ చరరాశుల విలువలు ఉష్ణగతికశాస్త్ర వ్యవస్థ యొక్క సమతుల్యతను సంపూర్ణంగా వివరిస్తాయి. ఉష్ణము మరియు పని అనుద్విస్థితి చరరాశులు కావు గాని ప్రక్రియ చరరాశులు అగును.

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర చరరాశులలో రెండు రకాలు కలవు. అది పరిమాణము కలిగిన చరరాశి (Extensive variable) పరిమాణము కలగని చరరాశి (Intensive variable) అగును. పరిమాణము కలిగిన చరరాశి ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ యొక్క పరిమాణము లేదా ద్రవ్యరాశులపై ఆధారపడియుండును.

ఉదాహరణ: ఘనపరిమాణము, మొత్త ద్రవ్యరాశి, ఎంట్రోపి, అంతర్గత శక్తి, ఉష్ణ సామర్థ్యము మొదలగున్నవి. పరిమాణము కలగని చరరాశి, ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ యొక్క పరిమాణం లేదా ద్రవ్యరాశులపై ఆధారపడియుండును.

ఉదాహరణ: ఉష్ణోగ్రత పీడనము విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము సాంద్రత మొదలగునవి.

స్థితి సమీకరణము (Equation of state):

స్థితి రాశులను ఒక విశిష్ట పద్ధతిలో అనుసంధానము చేయు సమీకరణమును స్థితి సమీకరణము అందురు. స్థితి సమీకరణము ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ యొక్క ఈ స్థితి రాశులచే సంపూర్ణముగా వివరించదు. వ్యవస్థ ఉష్ణగతికశాస్త్ర వ్యవస్థ సమతుల్యతలో లేనపుడు వ్యవస్థ యొక్క స్థితిని ఈ సమీకరణములు వివరించదు.

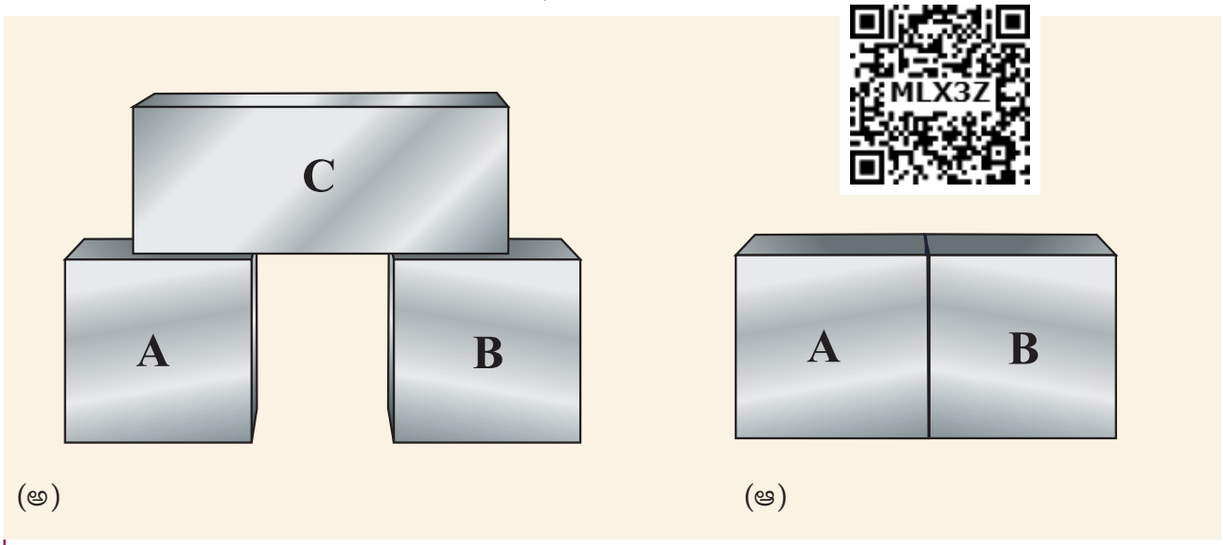
11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 114 21-01-2023 11:48:13

ఒక ఆదర్శ వాయువు ఉష్ణగతికశాస్త్ర సమతుల్యత వద్ద $PV = NkT$ అను సమీకరణమును పాటించును. ఇచ్చట నాలుగు స్థూల చరరాశులన్నీ (P,V,T మరియు N) ఈ సమీకరణములో సంధించబడినవి గనుక ఈ సమీకరణంతో ఏదైనా ఒక చరరాశిని మాత్రము మార్చలేము. ఉదాహరణకు వాయువు నింపబడిన పాత్రలోని పిస్టను మనము అదిమినప్పుడు వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము తగ్గుతుంది. కానీ పీడనము అధికరిస్తుంది లేదా వాయువును వేడిచేసినపుడు ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది. వాయువు యొక్క పీడనము మరియు ఘనపరిమాణము కూడా పెరగవచ్చును. స్థితి సమీకరణము యొక్క మరొక ఉదాహరణము వాండర్ వాల్ సమీకరణము అగును. ఉష్ణగతిక సమతుల్యత వద్ద గల నిజ వాయువులు ఈ సమీకరణాన్ని పాటించును. గదిలోని గాలి అణువులు వాండర్ వాల్ స్థితి సమీకరణానికి సంపూర్ణంగా వర్తిస్తాయి. కానీ గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద తక్కువ సాంద్రతలో గల గాలి అణువులను మనము ఆదర్శ వాయువుగా పరిగణిద్దాము.

8.5 ఉష్ణగతిక శాస్త్రము యొక్క శూన్య నియమము (ZEROTH LAW OF THERMODYNAMICS)

ఉష్ణగతిక శాస్త్రము యొక్క శూన్య నియమము ప్రకారము *A* మరియు *B* అను రెండు వ్యవస్థల *C* అనే మూడవ వ్యవస్థతో ఉష్ణ సమతుల్యతలో నుండి యెడల *A* మరియు *B* అనే రెండు వ్యవస్థలు ఒకదానితో ఒకటి సమతుల్యతలో వుండును.

మూడు వ్యవస్థలు A, B మరియు C ఆరంభములో వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద వున్నవని పరిగణించండి. పటము 8.18 (అ) లో చూపినట్లు A మరియు B ఒకదానితోకొకటి ఎటువంటి ఉష్ణ స్పర్శలో లేవు అనుకొనుము కాని ప్రతి ఒకటి మూడవ వ్యవస్థ C తో విడివిడిగా ఉష్ణ స్పర్శలో ఉంటాయి. కొంత కాలం గడిచిన తర్వాత వ్యవస్థ A తో ఉష్ణ సమతుల్యతలో వుండును మరియు C కూడా B తో ఉష్ణ సమతుల్యతలో వుండును. ఈ నిబంధనలో వ్యవస్థల C మరియు B లు పటము 8.18 (ఆ) లో చూపినట్లు ఉష్ణ స్పర్శలో ఉంచినట్లయితే వ్యవస్థ AB ల మధ్య నేరుగా ఎటువంటి ఉష్ణ మార్పిడి ఉండదు. ఎందుకనగా A మరియు B లు కూడా ఉష్ణ సమతుల్యతలో వున్నవని సూచించుచున్నది. ఈ మూడు వ్యవస్థలు ఉష్ణ సమతుల్యత పొందిన తర్వాత వాటి మధ్య ఎటువంటి ఉష్ణ మార్పిడి ఉండదు. ఎందుకనగా ఆ మూడు వ్యవస్థలు ఒకే ఉష్ణోగ్రతలో ఉన్నవి. దీనిని $T_A = T_C$ మరియు $T_B = T_C$, అయితే $T_A = T_B$ అగును. ఇక్కడ T_A, T_B మరియు T_C అనునవి క్రమముగా A, B మరియు C వ్యవస్థలు ఉష్ణోగ్రతలు అగును.



పటము 8.18 (అ) A,B అనే రెండు వ్యవస్థలు విడివిడిగా C అనే మూడవ వ్యవస్థతో ఉష్ణ స్పర్శలో ఉండుట. (ఆ) A మరియు B ఉష్ణ స్పర్శలో ఉంటే అవి ఒకదానితోనొకటి కూడా ఉష్ణ సమతుల్యతలో వుంటాయి.

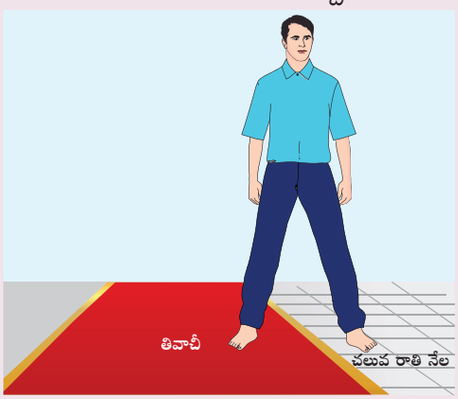
11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 115 21-01-2023 11:48:13

ఉష్ణోగ్రత అనునది ఒక వ్యవస్థ వేరొక వ్యవస్థతో సమతుల్యతలో వుందా లేదా అని కనుగొను ధర్మము ఉష్ణగతికశాస్త్ర శూన్య నియమము ఉష్ణోగ్రతను కనుగొనడానికి ఉపయోగపడును. ఉదాహరణకు ఒక ధర్మామీటరును మన శరీరంతో స్పర్శతో వుంచినపుడు అది శరీరంతో ఉష్ణ సమతుల్యతలో వుండును. ఈ సందర్భంలో ధర్మామీటరు ఉష్ణోగ్రత మానవ శరీర ఉష్ణోగ్రత ఒకే విధంగా వుండును. ఈ తత్వము శరీర ఉష్ణోగ్రతను కనుగొనుటకు ఉపయోగపడును.

కృత్యము

ఒక వస్తువును తాకినపుడు ఆ వస్తువు ఎంత వేడిగా లేదా చల్లగా వుందని కనుగొనుటకు ఉష్ణోగ్రత ఉపయోగపడుతుంది. మన జ్ఞానేంద్రియాలను ఉపయోగించి ఒక వస్తువు ఉష్ణోగ్రతను కనుగొనగలమా?

మన కాళ్ళకు ఏమి ధరించకుండా ఒక కాలును తివాచి పైనను మరొక కాలును చలువరాయి పైనను ఉంచుదాము. అప్పుడు చలువరాయి మీద ఉన్న కాలు తివాచీ మీద ఉన్నకాలు కంటే అధిక చల్లదనాన్ని పొందిన అనుభూతి కలుగును. కాని ఇక్కడ చలువరాయి మరియు తివాచీ రెండునూ ఒకే గది ఉష్ణోగ్రతలో ఉన్నవని గమనించవలెను. ఆ చల్లని అనుభూతికి కారణము తివాచీ కంటే చలువరాయికి కాలుకి మధ్య అతి వేగంగా ఉష్ణ మార్పిడి జరిగినది. ఆ కాలు యొక్క చర్మము వస్తువు యొక్క నిజ ఉష్ణోగ్రతను గమనించలేదు. ఎంత వేగంగా ఉష్ణమార్పిడి జరిగినదని గమనించుము. ఒక ధర్మామీటరును చలువరాయి మరియు తివాచీపై ఉంచి గమనించినపుడు ఆ రెండు ఉష్ణోగ్రతలు ఒకే విధంగా ఉండుటను గమనించవచ్చును.



8.6 అంతర్గత శక్తి (INTERNAL ENERGY) (U)

ఉష్ణగతికశాస్త్ర వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తి అనునది వ్యవస్థ యొక్క ద్రవ్యరాశి కేంద్రము ఆధారంగా వ్యవస్థలో ఉన్నలో అన్ని అణువుల స్థితిజ మరియు గతిజ శక్తుల మొత్తము అగును.

స్థానభ్రంశ భ్రమణ మరియు కంపన చలముతో సహా అణువుల చలనము వలన ఏర్పడు శక్తిని అంతర్గత గతిజ శక్తి (E_K) అందురు.

అణువుల మధ్య గల ఆకర్షణ మరియు వికర్షణ బలముల వలన ఏర్పడు శక్తిని అంతర్గత స్థితిజశక్తి (E_P) అందురు. ఉదాహరణ : బంధన శక్తి

కావున అంతర్గత శక్తి $(U) = E_K + E_P$

- ఆదర్శ వాయు అణువుల మధ్య ఎటువంటి పరస్పర చర్యలేదు అని అనుకుంటే వాటి అంతర్గత శక్తి పూర్తిగా అంతర్గత గతిజశక్తి రూపంలో ఉండును. ఇది ఉష్ణోగ్రత, కణముల సంఖ్యపై ఆధారపడియుండును. కాని ఘనపరిమాణముపై ఆధారపడియుండదు. అయినప్పటికి వాండర్ వాల్ వాయువుల వంటి నిజ వాయువులకు ఇది వర్తించదు.
- అంతర్గత శక్తి ఒక స్థితి చరరాశి అగును. ఇది ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ యొక్క తొలి మరియు తుది స్థాయిలపై మాత్రము ఆధారపడి ఉండును. ఉదాహరణకు నీటి యొక్క ఉష్ణోగ్రత 30°C నుండి 40°C కు వేడిచేయుట ద్వారా లేదా కలుపుట ద్వారా పెంచబడును. దాని తుది అంతర్గత శక్తి అనునది నీరు ఏ విధంగా 40°C ఉష్ణోగ్రతను పొందినది అనే పద్ధతిపై ఆధారపడకుండా దాని తుది ఉష్ణోగ్రతపై మాత్రమే ఆధారపడియుండును.

గమనిక

ముఖ్యంగా గమనించవలసిన విషయమేమిటంటే ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తి అనునది వ్యవస్థలో ఉన్న ప్రతి అణువుల ఏకరహిత చలము వలన ఏర్పడే గతిజశక్తిని వాటి రసాయనిక వ్యవస్థ వలన ఏర్పడు స్థితిజ శక్తిపై ఆధారపడియుండును. మొత్తము వ్యవస్థ యొక్క స్థూల గతిజశక్తి లేదా వ్యవస్థ యొక్క గురుత్వ స్థితిజశక్తి అంతర్గత శక్తి యొక్క ఒక భాగమని అపార్థం చేసుకొనబడదు.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 116 21-01-2023 11:48:13

గమనిక

(అ) ఒకే ఉష్ణోగ్రత మరియు ఒకే అంతర్గత శక్తిని కలిగిన రెండు వాయువులు నింపబడిన రెండు పాత్రలను పరిగణిద్దాము. ఒకదానిని నేలపై విరామ స్థితిలో వుంచి మరొక దానిని కదులుచున్న రైలులో వుంచవలెను. వాయుపాత్ర కదులుచున్న రైలు వేగంతో చలిస్తున్నప్పటికీ వాయువు అంతర్గత శక్తి పెరగదు.

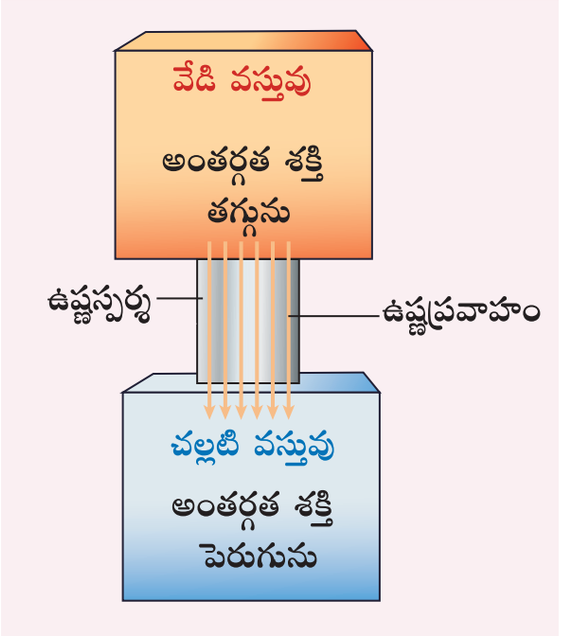
(ఆ) ఒకే ఉష్ణోగ్రత మరియు ఒకే అంతర్గత శక్తి కలిగిన వాయువు నింపబడిన రెండు పాత్రలను పరిగణిద్దాము. ఒకదానిని నేలపై విరామ స్థితిలో వుంచి మరొక దానిని h ఎత్తులో వుంచవలెను. h ఎత్తులో వున్న వాయువు పాత్రలో గురుత్వ స్థితిజశక్తి పెరుగును. ఈ పెరుగుదల వలన వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తిలో ఎటువంటి మార్పు ఏర్పడదు.

ఉదాహరణ 8.10

ఒక గ్లాసు వేడినీటిని ఒక బొక్కెనలో గల సాధారణ నీటితో కలిపినపుడు ఉష్ణ ప్రవాహ దిశ ఎట్లుండును? న్యాయరుచుము?బొక్కెనలో వున్న సాధారణ నీటి కంటే గ్లాసులో ఉన్న నీరు అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉన్నది. అయితే గ్లాసులోని ఉన్న అంతర్గత శక్తి కంటే బొక్కెనలో గల నీటి అంతర్గత శక్తి ఎక్కువగా వుండును, దీని కారణం అంతర్గత శక్తి ఒక పరిమాణము కలిగిన ఉష్ణగతిక శాస్త్ర చరరాశి అగును. ఇది వ్యవస్థ యొక్క పరిమాణము లేదా ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడియుండును.

బొక్కెనలో వున్న సాధారణ నీటి అంతర్గత శక్తి ఎక్కువయినప్పటికినీ ఉష్ణము గ్లాసులో గల వేడి అధిక ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువుల నుండి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువు వద్దకు ప్రవహించును. ఇది వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తిపై ఆధారపడియుండును.

ఉష్ణము ఒకసారి ఒక వస్తువుకు మార్పిడి చెందినపుడు ఆ ఉష్ణము వస్తువు యొక్క అంతర్గత శక్తిగా మారును. కావున వస్తువు నిర్ణీత పరిమాణము గల అంతర్గత శక్తి కలిగి ఉంది అని చెప్పవచ్చును. పటములో చూపినట్లు వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తిని పెంచుటకు వేడిచేయుట ఒక ప్రత్యేక మార్గము అగును.



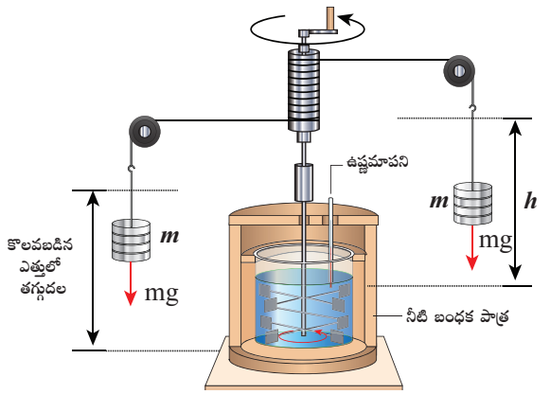
గమనిక

ఉష్ణము ఎల్లప్పుడూ అంతర్గత శక్తిని పెంచవలసిన అవసరము లేదు అనేది మనం గమనించాలి. సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో ఆదరర్శ వాయువులో ఉష్ణము ప్రవహించినప్పటికినీ దాని అంతర్గత శక్తిలో ఎటువంటి పెరుగుదల ఉండదు.

8.6.1 జౌల్ ఉష్ణయాంత్రిక శాస్త్ర తుల్యాంకము (Joule's mechanical equivalent of heat)

ఒక వస్తువును వేడిచేయడం ద్వారా లేదా ఆ వస్తువు కొంత పనిచేయుట ద్వారా దాని ఉష్ణోగ్రతను పెంచవచ్చును. 18 వ శతాబ్ధం జేమ్స్ ప్రెస్‌కాట్ జౌల్ అను శాస్త్రవేత్త యాంత్రిక శక్తిని అంతర్గత శక్తిగాను, అంతర్గత శక్తిని యాంత్రిక శక్తిగాను మార్చవచ్చునని నిరూపించాడు. అతని ప్రయోగాన్ని పటము 8.19 లో చూపబడినది.ఇందులో రెండు ద్రవ్యరాశులు ఒక దారము గుండా తెడ్డు చక్రముతో కలుపబడియున్నది. గురుత్వాకర్షణ బలము వలన రెండు ద్రవ్యరాశులు h దూరమునకు క్రిందికి జరుగును. అపుడు 2mgh పరిమాణము గల స్థితిజశక్తిని రెండు ద్రవ్యరాశులు కోల్పోవును. ద్రవ్యరాశులు క్రిందకు వచ్చునపుడు నీటిలో గల తెడ్డు చక్రము తిరుగును. అపుడు తెడ్డు చక్రము, నీటికి మధ్య ఘర్షణ బలము ఏర్పడును. ఈ ఘర్షణ బలము వలన

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 117 21-01-2023 11:48:14



పటము 8.19 జౌల్ ఉష్ణ యాంత్రిక శాస్త్ర తుల్యాంకమును కనుగొనే ప్రయోగము

నీటి ఉష్ణోగ్రత పెరుగును. అనగా గురుత్వాకర్షణ స్థితిజశక్తి నీటి యొక్క అంతర్గత శక్తిగా మార్పు చెందినదని తెలియుచున్నది. గురుత్వాకర్షణ బలము వలన చేయబడిన పని నీటి యొక్క ఉష్ణోగ్రతను అధికరించినది. వాస్తవానికి, ఉష్ణము కలిగించిన అదే ఫలితమును యంత్రము ద్వారా చేయబడు పని ద్వారా ఏర్పరచవచ్చునని జౌల్ నిరూపించారు. ఒక గ్రాము ద్రవ్యరాశి గల నీటి ఉష్ణోగ్రతను 1 g పెంచుటకు 1°C శక్తి అవసరమగునని జౌల్ కనుగొన్నారు. ప్రాచీన కాలంలో ఉష్ణమును కెలోరీ (4.186 J) అనే ప్రమాణముతో కొలిచారు.

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

దీనినే జౌల్ ఉష్ణయాంత్రిక శాస్త్ర తుల్యాంకము అని అందురు.

గమనిక

జేమ్స్ ప్రెస్‌కాట్ జౌల్ కాలమునకు మునుపు, ఉష్ణము అనునది కెలోరిక్ (caloric) అనే ప్రవహించే ఒక ద్రవము అని ప్రజలు ఊహించుకొన్నారు. ఆ ద్రవము అధిక ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువు నుండి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువుకు ప్రవహించునని ఊహించుకొన్నారు. కెలోరిక్ ద్రవ భావన ప్రకారము అధిక ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువులో అధిక కెలోరిక్ ద్రవము ఉండును. అదే విధముగా చల్లటి వస్తువులలో తక్కువ కెలోరిక్ ద్రవము ఉండును. అందువలననే ఉష్ణమును ఒక రాశిగా వారు భావించారు. కాని ప్రస్తుత కాలంలో ఉష్ణమును ఒక రాశి కాదు, అది మార్పిడి చెందే ఒక పరిమార్పు శక్తి అని ఒక నిర్ధారణకు వచ్చాము. కావున "ఉష్ణ యాంత్రిక శాస్త్ర తుల్యాంకము" అనునది ఒక తప్పు అయిన పదము అగును. ఎందుకనగా యాంత్రిక శక్తి అనునది ఒక రాశి అగును. ఏ ఒక వస్తువు, గరిష్ఠముగాను, కనిష్ఠముగాను యాంత్రిక శక్తిని పొందియుండవచ్చును. కాని ఉష్ణమునకు ఇది వర్తించదు. ఎందుకనగా ఉష్ణము ఒక రాశి కాదు. అయినప్పటికీ, ఈ పదము ప్రాచీన కాలము నుండి వాడుకలో ఉండుట వలన ఇప్పటికే దీనిని ఉపయోగిస్తున్నాము. దీనికి సరైన పదము "జౌల్ అంతర్గత శక్తి – యాంత్రిక శాస్త్ర శక్తి తుల్యాంకము" అగును. జౌల్ యాంత్రిక శక్తిని అంతర్గత శక్తిగా మార్పు చెందించాడని మనకు తెలుసు. జౌల్ యొక్క తెడ్డు చక్రం ప్రయోగములో ద్రవ్యరాశుల గురుత్వాకర్షణ స్థితిజశక్తి తెడ్డు చక్రము యొక్క భ్రమణ గతిజశక్తిగా మార్పుచెంది తరువాత నీటి అంతర్గత శక్తిగా మార్పు చెందినది.

ఉదాహరణ 8.11

ఒక విద్యార్థి ఉదయం టిఫనుకు 200 కెలోరీ (food calorie) శక్తి గల ఆహారమును తీసుకొన్నాడు. అతను ఆ శక్తిని ఒక బావి నుండి నీటిని చేది చెట్లకు పోయుట ద్వారా వినియోగించాడని ఊహించుకొన్నాడు. ఆ విధముగా వినియోగించినపుడు, ఎన్ని చెట్లకు అతను నీరు పోయగలడు? ఇచ్చట బావి లోతు 25 m. బిందె యొక్క నీటి పరిమాణము 25L. ప్రతి ఒక్క చెట్టుకు ఒక బిందె నీరు పోయవలెనని అనుకుందాము. (నడిచినపుడు ఖర్చు అయిన శక్తిని, బిందె యొక్క ద్రవ్యరాశిని ఉపేక్షించవలెను) $g = 10 \text{ m s}^{-2}$) అని అనుకుందాము





సాధన:

సాధన: బావి నుండి 25 L నీటిని చేదుటకు అతడు అంతర్గత శక్తిని ఉపయోగించి గురుత్వాకర్షణ

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 118 21-01-2023 11:48:15

బలముకు వ్యతిరేకంగా పనిచేయవలెను.
నీటి యొక్క ద్రవ్యరాశి
$= 25\ L = 25\ kg\ \ (1L=1kg)$

25 kg ద్రవ్యరాశి గల నీటిని చేదుటకు చేయవలసిన పని = నీటి వలన పొందబడిన గురుత్వాకర్షణ స్థితిజశక్తి

$W = mgh = 25\times10\times25 = 6250\ J$

టిఫన్ ద్వారా పొందబడిన శక్తి = 200 ఆహారపు కెలోరీ =200 kcal.

$= 200\times10^3 \times 4.186\ J = 8.37\times10^5\ J$

ఈ శక్తి ద్వారా విద్యార్థి 'n' బిందెలు నీటిని బావి నుండి చేదినాడని అనుకుందాము.

విద్యార్థి వలన వినియోగించబడు మొత్తం శక్తి = $8.37 \times 10^5\ J = nmgh$

$$n = \frac{8.37\times10^5\ J}{6250 J} \approx 134.$$

ఇచ్చట n అనునది నీటిని పోసిన చెట్ల సంఖ్యను గుర్తిస్తున్నది.

టిఫన్ మాత్రము తిని 134 బిందెల నీటిని చేదుటకు వీలగునా? ఖచ్చితముగా వీలుకాదు. వాస్తవానికి మానవ శరీరము తీసుకున్న ఆహారపు శక్తి పూర్తిగాను పనిగా మార్చుటకు వీలుకాదు. ఎందుకనగా సుమారుగా మానవ శరీరము యొక్క దక్షత 20% అగును. అనగా 200 ఆహారపు కెలోరీలో 20% మాత్రము మార్పు చెందును. కావున 134 బిందెలలో 2% అనునది 26 బిందెలు మాత్రమే. కావున ఆ విద్యార్థి తీసుకున్న టిఫన్‌కు సమానంగా చేసిన పని పరిమాణము 26 బిందెల నీటిని చేదుట అగును.

మిగిలిన శక్తి రక్త ప్రవాహానికి మరియు శరీరములో మిగిలిన అవయవముల చలనానికి ఉపయోగపడును. అంతేకాకుండా ఒక నిర్ణీత పరిమాణము గల ఆహారపు శక్తి వృథాగా నష్టమగును. ఎందుకు మన శరీరము యొక్క దక్షత 100% గా ఉండదు? దీనికి సమాధానము మీరు విభాగము 8.9 లో తెలుసుకొంటారు.

8.6.2 ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము (First law of thermodynamics)

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము అనునది శక్తినిత్యత్వ నియమము యొక్క ప్రతిపాదన అగును. న్యూటన్ యాంత్రిక శాస్త్రంలో శక్తి నిత్యత్వము అనునది అతిపెద్ద వస్తువుల యొక్క గతిజ మరియు స్థితిజ శక్తులను కలిగియుండును. కాని ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమములో ఉష్ణశక్తి కూడా ఇమిడియున్నది. ఈ నియమము ప్రకారము వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తిలోని మార్పు (ΔU) అనునది వ్యవస్థకు యివ్వబడిన ఉష్ణము మరియు పరిసరాలపై ఈ వ్యవస్థ చేత చేయబడిన పని (Q) కి మధ్య గల తేడాకు సమానము అగును. గణితపరంగా దీనిని ఇలా వ్రాయవచ్చును.

$$\Delta U = Q - W \qquad (8.13)$$

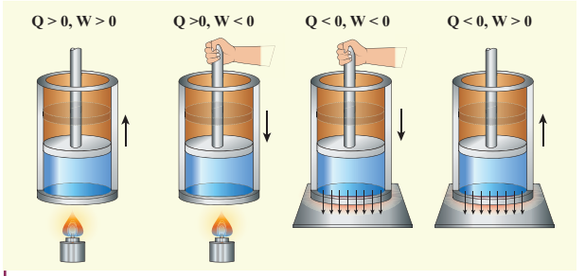
ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తిని వేడిచేయుట వలనగాని, పని చేయుట వలనగాని క్రింది విధంగా చూపినట్లు మార్పు చెందును.

ఉష్ణము వ్యవస్థలోనికి ప్రవహిస్తుంది	అంతర్గత శక్తి అధికరిస్తుంది
వ్యవస్థ నుండి ఉష్ణము వెలుపలకి ప్రవహిస్తుంది	అంతర్గత శక్తి తగ్గును
వ్యవస్థపై పని చేయబడింది	అంతర్గత శక్తి అధికరిస్తుంది
వ్యవస్థ వలన పనిచేయబడింది	అంతర్గత శక్తి తగ్గును

పై పట్టికను ఆధారంగా చేసుకొని ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమాన్ని సరిగ్గా ఉపయోగించుటకు తగిన సాంప్రదాయక గుర్తులు పరిచయము చేయబడినది. ఇది పటము 8.20 మరియు క్రింది పట్టికలో చూపబడినది.

వ్యవస్థ ఉష్ణమును పొందుచున్నది	ధనాత్మకము
వ్యవస్థ ఉష్ణమును కోల్పోవుచున్నది	ఋణాత్మకము
వ్యవస్థపై పనిచేయబడినది	ఋణాత్మకము
వ్యవస్థ వలన పనిచేయబడినది	ధనాత్మకము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 119 21-01-2023 11:48:15



పటము 8.20 ఉష్ణము మరియు పనికి సాంప్రదాయక గుర్తులు

వాయువులనుపయోగించి ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమాన్ని చాలా సార్లు మనం వివరించినప్పటికినీ, ఈ నియమము విశ్వపరమైనది మరియు ఈ నియమమును ద్రవ పదార్థములు, ఘన పదార్థములకు కూడా అనువర్తింపవచ్చును.

గమనిక

కొన్ని పుస్తకాలలో ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమాన్ని $\Delta U = Q + W$ అని సూచించబడియుండును. ఇక్కడ వ్యవస్థ వలన చేయబడు పనిని ఋణాత్మకముగాను మరియు వ్యవస్థపై చేయబడు పనిని ధనాత్మకముగాను తీసుకొనబడినవి. కాని పైన తెలిపిన రెండు సాంప్రదాయాలు సరియైనవే మరియు ఏదైన సాంప్రదాయాన్ని మనం పాటించవచ్చును.

ఉదాహరణ 8.12

ఒక వ్యక్తి 2 కి.గ్రా ద్రవ్యరాశి గల నీటిని పెడల్ చక్రముతో చిలుకుట వలన 30 kJ పనిని చేస్తాడు. సుమారు 5 kcal ఉష్ణము నీటి నుండి ఉష్ణ వికిరణము వలన పరిసరములకు ప్రవహింపబడినది. అయితే వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తిలోని మార్పు ఎంత?

సాధన:

వ్యవస్థపై చేయబడిన పని (నీటిని వ్యక్తి చిలికినపుడు)
$W = -30\ kJ = -30{,}000 J$

ఇది వ్యవస్థ నుండి వెలుపలకు ప్రవహించు ఉష్ణము అగును,
$Q = -5\ kcal = -5 \times 4184\ J = -20920\ J.$

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమమును ఉపయోగించి

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = -20{,}920\ J - (-30{,}000)\ J$$

$$\Delta U = -20{,}920\ J + 30{,}000\ J = 9080\ J$$

ఇచ్చట కోల్పోయిన ఉష్ణము వ్యవస్థపై చేయబడు పని కంటే తక్కువ కాబట్టి అంతర్గత శక్తిలోని మార్పు ధనాత్మకము.

ఉదాహరణ 8.13

ప్రతి రోజూ జాగింగ్ చేయుట ఆరోగ్యానికి మంచిది. మీరు జాగింగ్ చేయునపుడు 500 kJ పని చేయబడింది మరియు 230 kJ ఉష్ణము వెలువడింది. అయితే నీ శరీరము యొక్క అంతర్గత శక్తిలోని మార్పు ఎంత?

సాధన:



వ్యవస్థ వలన చేయబడిన పని (శరీరము),
$W = +500\ kJ$

వ్యవస్థ నుండి వెలువడిన ఉష్ణము (శరీరము),
$Q = -230\ kJ$

శరీరములో ఏర్పడిన అంతర్గత శక్తిలోని మార్పు
$= \Delta U = -230\ kJ - 500\ kJ = -730\ kJ$

8.6.3 అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియ (Quasi-static process)

V ఘనపరిమాణము P పీడనము మరియు T ఉష్ణోగ్రత గల ఆదర్శ వాయు ఒక స్థూపములో వుంచబడిన వ్యవస్థగా పరిగణిద్దాము. స్థూపమునకు కలుపబడిన పిస్టను వెలుపలి వైపుకు కదులునపుడు వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము మారుతుంది. దీని ఫలితంగా ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనము కూడా మార్పు చెందును. ఎందుకంటే P,T మరియు V చరరాశులు $PV = NkT$ అను స్థితి సమీకరణము చేత సంబంధమును కలిగియున్నవి. పిస్టనుపై కొంత ద్రవ్యరాశి గల దిమ్మెలను వుంచిన యెడల వెంటనే అది పిస్టనును క్రిందికి నెట్టి వేయును. వ్యవస్థ యొక్క మిగిలిన భాగముల వద్ద గల పీడనము కంటే పిస్టను దగ్గర గల ప్రాంతములో పీడనము అధికంగా వుండును. ఇది వాయువు

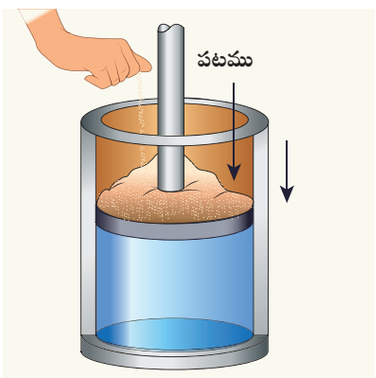
11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 120 21-01-2023 11:48:16

యొక్క అసమతాస్థితిని సూచిస్తుంది. వాయువు సమతాస్థితిని మార్పు పొందు వరకు వ్యవస్థ యొక్క పీడనము, ఉష్ణోగ్రత మరియు అంతర్గత శక్తిని మనం కనుగొనలేము. కానీ ప్రతి స్థాయిలో వ్యవస్థ పరిసరాలతో సమతాస్థితిలో వుండునట్లు పిస్టనును నెమ్మదిగా క్రిందికి తోసినపుడు, అంతర్గత శక్తి, పీడనము లేదా ఉష్ణోగ్రతను గణించుటకు మనము స్థితి సమీకరణమును వుపయోగించవచ్చును. ఈ రకమైన పద్ధతిని అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియ అందురు.

అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియ ఒక అనంతమైన మెల్లని పద్ధతి అగును. ఈ ప్రక్రియ పూర్తియగు వరకు యాంత్రిక మరియు రసాయనిక సమతాస్థితిలో ఉండునట్లు దాని చరరాశులు (P,V,T) మెల్లమెల్లగా మార్పు చెందించును. నిర్వచించబడని అనంత నెమ్మది మార్పు వలన వ్యవస్థ ఎల్లప్పుడు సమతాస్థితి స్థాయికి దగ్గరగా ఉండును.

ఉదాహరణ 8.14

అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియకు ఒక ఉదాహరణనిమ్ము. V ఘనపరిమాణము P పీడనము మరియు T ఉష్ణోగ్రత గల ఒక వాయువు పాత్రలో ఉన్నదని పరిగణించండి. పిస్టను పై భాగములో ఇసుక రేణువులను నెమ్మదిగా మనం ఒక్కొక్కటిగా వేసిన యెడల పిస్టను చాలా మెల్లగా లోపలికి కదులును. ఇది అనేకంగా అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియగా తీసుకొనబడుతుంది. ఇది పటములో చూపబడినది.



ఇసుక రేణువులు పిస్టనుపై నెమ్మదిగా వేయబడినపుడు ఏర్పడే అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియ

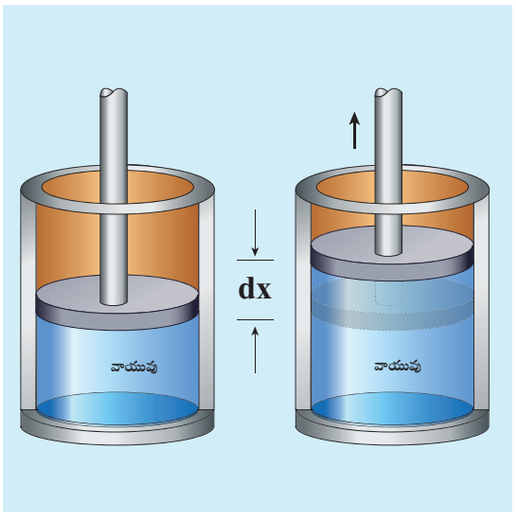
8.6.4 ఘనపరిమాణ మార్పు వలన చేయబడిన పని (Work done in volume changes)

కదిలెడు పిస్టను గల వాయు నింపబడిన ఒక స్తూపమును పరిగణించండి. పటము 8.21 లో చూపినట్లు పిస్టను ఒక చిన్న దూరము dx నెట్టుట వలన వాయువు అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియలో జరుగుట వలన పీడనము ఉష్ణోగ్రత మరియు అంతర్గత శక్తి ప్రతి ఒక క్షణంలో ఒక నిర్ణీత విలువను పొందియుండును.

వాయువు వలన పిస్టనుపై చేయబడు స్వల్ప పని

$$dW = Fdx \qquad (8.14)$$

వాయువు వలన పిస్టనుపై ఏర్పడిన బలము F = PA ఇక్కడ A అనునది పిస్టను వైశాల్యము మరియు P అనునది పిస్టనుపై ఏర్పడిన పీడనము.



పటము 8.21 వాయువు వలన చేయుపని

సమీకరణము (8.14) ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$dW = PA\,dx \qquad (8.15)$$

కానీ Adx = dV= ఇది వాయువు వ్యాకోచం వలన ఘనపరిమాణంలో ఏర్పడిన మార్పు కాబట్టి వ్యాకోచం చెందునపుడు, వాయువు వలన చేయబడు స్వల్ప పని

$$dW = PdV \qquad (8.16)$$

ఇక్కడ ఘనపరిమాణము అధికమయినది కనుక dV ధనాత్మకమని గమనించండి. కాబట్టి dW ధనాత్మకము. సాధారణంగా ఘనపరిమాణము V_i నుండి V_f కు అధికరించుట వలన

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \qquad (8.17)$$

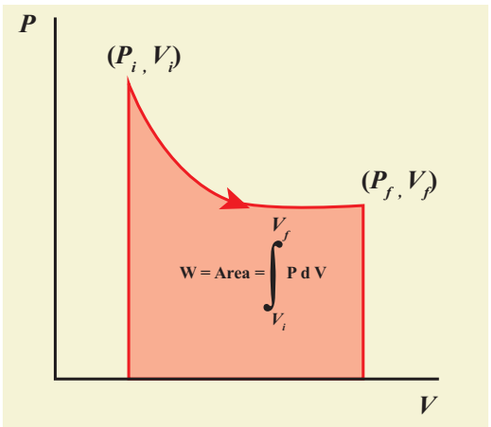
ఒక వేళ వ్యవస్థపై పనిచేసిన యెడల $V_i > V_f$ కావున W ఋణాత్మకమగును. ఇక్కడ సమీకరణము (8.17) లో

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 121 21-01-2023 11:48:17

పీడనము P సమాకలనములో యుండునని గమనించండి. అంటే వ్యవస్థ పనిచేయునపుడు పీడనము స్థిరంగా ఉండవలసిన అవసరం లేదని అర్థం. సమాకలనాన్ని అంచనా వేయుటకు స్థితి సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి మొట్టమొదటిగా పీడనమును, ఘనపరిమాణమును మరియు ఉష్ణోగ్రతల క్రియాకారిగా వ్యక్తపరచవలెను.

8.6.5 PV రేఖా చిత్రము (PVdiagram)

వ్యవస్థ యొక్క ఘనపరిమాణము V మరియు పీడనము P ల మధ్య గీయబడు రేఖాచిత్రము PV రేఖాచిత్రము అగును. ఈ PV రేఖాచిత్రము వ్యాకోచము చెందునపుడు వాయువుపై చేయబడు పనిని లెక్కించుటకు ఉపయోగపడును. విభాగము 2 లో వక్రరేఖ క్రింద గల వైశాల్యము కనిష్ట వ్యవధి నుండి గరిష్ట వ్యవధి వరకు గల ప్రమేయం యొక్క సమాకలన విలువను ఇచ్చును. PV రేఖా చిత్రములో క్రింద గల వైశాల్యము వ్యాకోచము లేదా సంకోచము ఇదే విధంగా జరుగునపుడు చేయబడు పనిని తెలియజేయునని పటము 8.22 లో చూపబడినది.



పటము 8.22 వ్యాకోచములో వాయువు వలన చేయబడు పని

PV రేఖాచిత్రము యొక్క ఆకారము ఉష్ణగతిక యొక్క సహజత్వముపై ఆధారపడియుండును.

ఉదాహరణ 8.15

స్థిరమైన వాతావరణ పీడనము వద్ద గల వాయువు $1m^3$ ఘనపరిమాణము నుండి $2m^3$ ఘనపరిమాణమునకు వ్యాకోచము చెందుచున్నది అయితే

(అ) వాయువు వలన చేయబడు పనిని లెక్కించండి

(ఆ) చేయబడు పనిని PV రేఖాచిత్రములో గుర్తించండి

సాధన:

(అ) పీడనము P = 1 atm = 101 kPa, $V_f = 2\ m^3$ and $V_i = 1m^3$

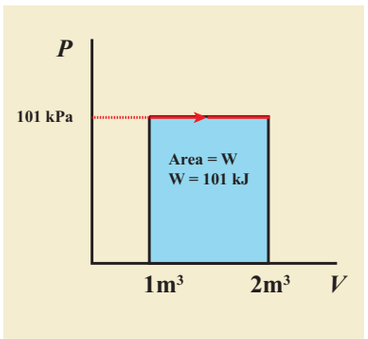
సమీకరణము (8.17)

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = P\int_{V_i}^{V_f} dV$$

P స్థిరాంకము అగును, ఇది సమాకలనమునకు వెలుపల ఉన్నది

$$W = P\,(V_f - V_i) = 101\times10^3 \times (2-1) = 101\ kJ$$

(ఆ) పీడనము P స్థిరంగా వుంచబడినది. గనుక పటములో చూపినట్లు PV రేఖా చిత్రము ఒక సరళ రేఖగా ఉండును. ఆ సరళ రేఖకు క్రింద గల వైశాల్యము వాయువు వలన చేయబడిన పనికి సమానము.



వక్రరేఖలోని బాణపు గుర్తును గమనించండి. ఒక వేళ వ్యవస్థపై పనిచేయబడినట్లయితే, ఘనపరిమాణము తగ్గుతుంది మరియు బాణపు గుర్తు వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుంది.

8.7 వాయువు యొక్క విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (SPECIFIC HEAT CAPACITY OF A GAS)

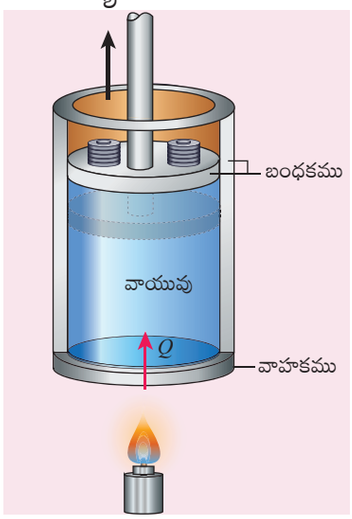
ఇవ్వబడిన వ్యవస్థ యొక్క విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము ఆ వ్యవస్థ యొక్క నిర్మాణము మరియు అణువుల నమూనాన్ని కనుగొనుటలో ముఖ్య పాత్ర వహిస్తుంది. ఘన మరియు ద్రవ పదార్థముల వలె కాకుండా వాయువులకు రెండు విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యములు కలవు. అవి స్థిర పీడనము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (s_p) మరియు స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము(s_v).

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 122 21-01-2023 11:48:18

8.7.1 విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (Specific heat capacity)

స్థిర పీడనము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (s_p):

1 kg స్థిర పీడనము వద్ద 1 K ద్రవ్యరాశి గల పదార్థము యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 1°C లేదా 1 K వరకు పెంచుటకు కావలసిన ఉష్ణశక్తి పరిమాణమును స్థిర పీడనము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అందురు. పటము 8.23 లో చూపినట్లు వాయువునకు ఉష్ణశక్తిని కలిగించునపుడు పీడనమును స్థిరంగా ఉంచుటకు అది వ్యాకోచము చెందును.



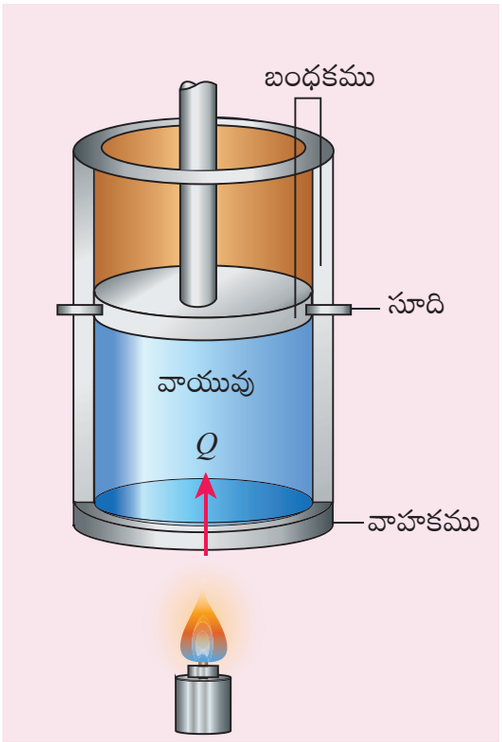
పటము 8.23 స్థిర పీడనము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము.

ఈ పద్ధతిలో ఉష్ణ శక్తిలోని ఒక భాగము పనిచేయుటకును (వ్యాకోచము చెందుటకు) మిగిలిన భాగము వాయువు అంతర్గత శక్తిని పెంచుటకు ఉపయోగపడును.

స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (s_v):

ఘనపరిమాణమును స్థిరంగా ఉంచిన 1 Kg ద్రవ్యరాశి గల పదార్థము యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 1 K లేదా 1°C వదరకు పెంచుటకు కావలసిన ఉష్ణశక్తి పరిమాణమును స్థిర పరిమాణము వద్ద విశిష్టోష్ట సామర్థ్యము అందురు.

ఘనపరిమాణమును స్థిరంగా వుంచినట్లయితే ఇవ్వబడిన ఉష్ణము వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తిని పెంచుటకు మాత్రము ఉపయోగపడును. పటము 8.24 లో చూపినట్లు వాయువు చేత ఎటువంటి పనిచేయబడలేదు.



పటము 8.24 స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము

స్థిర పీడనము వద్ద ఉష్ణోగ్రతను పెంచుట కంటే స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద ఉష్ణోగ్రతను పెంచుటకు తక్కువ ఉష్ణము కావలసియుండును అని అర్థమవుతుంది. మరొక విధంగా s_p కంటే ఎల్లప్పుడు s_v అధికంగా ఉండునని చెప్పవచ్చును.

మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము:

కొన్ని సమయములో ఇది మోలార్ సామర్థ్యములు C_p మరియు C_v లను కనుగొనుటకు ఉపయోగపడును. స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద ఒక మోల్ పదార్థము యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 1K లేదా 1°C వరకు పెంచుటకు కావలసిన ఉష్ణశక్తి పరిమాణమును స్థిర ఘనపరిమాణం వద్ద మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (C_p) అనబడును.

స్థిరమైన ఘనపరిమాణము వద్ద Q మోల్ వాయువుకు ఇవ్వబడిన ఉష్ణము ΔT మరియు

$$Q = \mu C_v \Delta T \qquad (8.18)$$

ఈ స్థిర ఘనపరిమాణ ప్రక్రియకు ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమమును ఉపయోగించినపుడు (W=0,

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 123 21-01-2023 11:48:18

dV=0) కనుక ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు అయినపుడు dV=0),

$$Q = \Delta U - 0 \qquad (8.19)$$

సమీకరణములు (8.18) మరియు (8.19) లను పోల్చినపుడు

$$\Delta U = \mu C_v \Delta T \text{ or } C_v = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta U}{\Delta T}$$

ΔT అవధి శూన్యంకు అయినపుడు

$$C_v = \frac{1}{\mu}\frac{dU}{dT} \qquad (8.20)$$

ఉష్ణోగ్రత మరియు అంతర్గత శక్తి స్థిర చరరాశులు గనుక పై సంబంధము అన్ని ప్రక్రియలకు వర్తించును.

8.7.2 మేయర్ సంబంధము (Meyer's relation)

V ఘనపరిమాణము, P పీడనము మరియు T ఉష్ణోగ్రత గల ఒక మోల్ ఆదర్శ వాయువు ఒక పాత్రలో ఉందని పరిగణించండి స్థిరమైన ఉష్ణోగ్రత వద్ద వాయువును వేడిచేసినపుడు ఉష్ణోగ్రత dT అధికమగుచున్నది. ఇచట వాయువు వలన పని చేయబడలేదు గనుక వ్యవస్థలోనికి ప్రవహించు ఉష్ణము అంతర్గత శక్తిని మాత్రము అధికరిస్తుంది. అంతర్గత శక్తిలోని మార్పు dU అనుకొందము.

స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము C_v అయితే సమీకరణము (8.20) నుండి

$$dU = \mu C_v dT \qquad (8.21)$$

ఒక వేళ వాయువును స్థిరమైన పీడనము వద్ద వేడిచేసినపుడు, ఆ వాయువు ఉష్ణోగ్రతలో మార్పు dT ఈ పద్ధతిలో యివ్వబడిన ఉష్ణము 'Q' మరియు వాయువు ఘనపరిమాణములో మార్పు 'dV' అయితే

$$Q = \mu C_p dT \qquad (8.22)$$

ఈ పద్ధతిలో వాయువు వలన చేయబడు పని W అయితే

$$W = PdV \qquad (8.23)$$

కానీ ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము నుండి

$$Q = dU + W \qquad (8.24)$$

సమీకరణములు (8.21) (8.22) మరియు (8.23) లను (8.24) లో ప్రతిక్షేపించినపుడు

$$\mu C_p dT = \mu C_v dT + PdV \qquad (8.25)$$

మోల్ ఆదర్శ వాయువుకు, స్థితి సమీకరణములు

$$PV = \mu RT \Rightarrow PdV + VdP = \mu RdT \qquad (8.26)$$

పీడనం స్థిరం గనుక dP=0

$$\therefore C_p dT = C_v dT + RdT$$

$$\therefore C_p = C_v + R \quad (\text{or}) \quad C_p - C_v = R \qquad (8.27)$$

ఈ సంబంధమును మేయర్ సంబంధము అనబడును. దీనివలన స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద ఆదర్శ వాయువు యొక్క మోలార్ విశిష్టోష్ణము కంటే స్థిరమైన పీడనము వద్ద మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అధికంగా వుండును.

ఈ సంబంధము ద్వారా స్థిరమైన పీడనము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (s_p) స్థిరమైన ఘనపరిమాణము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము (s_v) కంటే ఎల్లప్పుడు అధికంగా ఉండునని తెలియుచున్నది.

8.8 ఉష్ణగతిక శాస్త్ర ప్రక్రియలు (THERMODYNAMIC PROCESSES)

8.8.1 సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ (Isothermal process)

ఈ ప్రక్రియలో ఉష్ణోగ్రత స్థిరంగా ఉండునుగానీ, ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యొక్క పీడనము మరియు ఘనపరిమాణము మార్పు చెందును.

$$PV = \mu RT$$

ఇక్కడ ఈ ప్రక్రియలో T స్థిరాంకము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 124 21-01-2023 11:48:19

కాబట్టి సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ యొక్క స్థితి సమీకరణము

$$PV = \text{స్థిరము} \qquad (8.28)$$

అంటే వాయువు ఒక సమతాస్థితి స్థాయి (P_1, V_1) నుండి మరొక సమతాస్థితి స్థాయి (P_2, V_2) కు వెళ్ళునపుడు

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \qquad (8.29)$$

PV= స్థిరాంకము గనుక P అనునది V కు విలోమానుపాతంలో వుండును. $(P \propto \frac{1}{V})$. కావున PV రేఖాచిత్రము ఒక అతిపరావలయము అని తెలియుచున్నది. స్థిరమైన ఉష్ణోగ్రత వద్ద గీయబడిన పీడన ఘనపరిమాణ రేఖాచిత్రమును సమ ఉష్ణోగ్రత రేఖాచిత్రము (isotherm) అందురు.

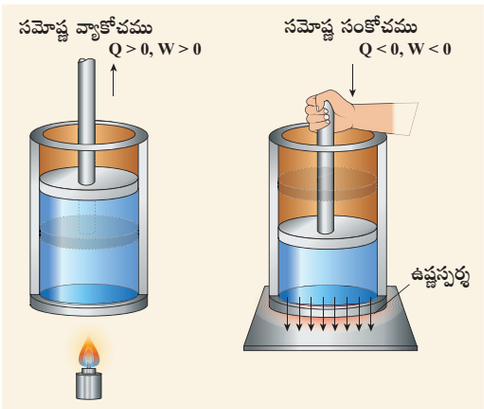
పటము 8.25 PV రేఖాచిత్రానికి అర్ధ స్థితిక సమ ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచము మరియు అర్ధ స్థితిక సమ ఉష్ణోగ్రత సంకోచమును సూచిస్తుంది అంతర్గత శక్తి ఆ వాయువు యొక్క ఉష్ణోగ్రతపై మాత్రమే ఆధారపడియుండును.

సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో ఉష్ణోగ్రత స్థిరం కాబట్టి, అంతర్గత శక్తి కూడా స్థిరంగా ఉండును. కనుక dU లేదా $\Delta U = 0$

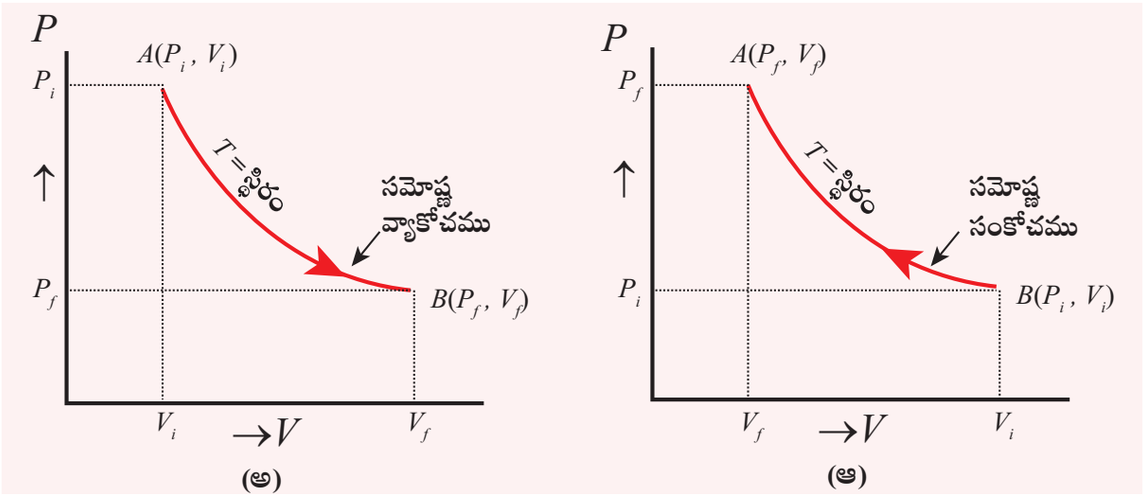
$$Q = W \qquad (8.30)$$

సమీకరణము (8.30) నుండి సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో వాయువునకు యివ్వబడిన ఉష్ణము బాహ్య పని చేయుటకు మాత్రమే ఉపయోగపడునని మనం తెలుసుకొనవచ్చును. వ్యవస్థకు ఉష్ణము ప్రవహించినపుడు ఆ వ్యవస్థలో ఉష్ణోగ్రత ఎల్లప్పుడు అధికమవుతుందని ఒక తప్పుడు భావన కలదు. సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియకు ఇది నిజం కాదు. స్థూపము యొక్క పిస్టనును లోపలికి నెట్టినపుడు సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియకు సంకోచము సంభవించును.

ఇది అంతర్గత శక్తిని అధికరించును. కాని ఈ అంతర్గత శక్తి పెరుగుదల ఉష్ణ సంబంధం వలన వ్యవస్థకు వెలుపల వెళ్ళును. ఇది పటము 8.26 లో చూపబడినది.



పటము 8.26 సమ ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచము మరియు సమ ఉష్ణోగ్రత సంకోచము



పటము 8.25 (అ) అర్ధ స్థితిక సమ ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచము (ఆ) అర్ధ స్థితిక సమ ఉష్ణోగ్రత సంకోచము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 125 21-01-2023 11:48:20

ఉదాహరణములు:

(i) నీటిని దాని మరుగు స్థానము వద్దకు వేడిచేసిన తరువాత ఉష్ణము నీటి ద్వారా ప్రవహించినా కూడా నీరు సంపూర్ణముగా ఆవిరి తగునంత వరకు దాని ఉష్ణోగ్రత పెరుగదు. అదే విధంగా ఘనీ భవన బిందువు వద్ద మంచుగడ్డ నీరుగా కరుగునప్పుడు మంచుగడ్డకు ఉష్ణాన్ని యిచ్చినప్పుడు మంచుగడ్డ ఉష్ణోగ్రత పెరుగదు.

(ii) మానవ శరీరములోని అన్ని జీవక్రియల మార్పులు ఒక స్థిరమైన శరీర ఉష్ణోగ్రత(37°C) వద్ద జరుగును..

ఒక సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో చేయబడుపని:

ఒక ఆదర్శ వాయువు స్థిరమైన ఉష్ణోగ్రత వద్ద తొలిస్థాయి (P_i, V_i) నుండి తుదిస్థాయి (P_f, V_f) కు అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియలో వ్యాకోచము చెందుటకు అనుమతించబడినదని పరిగణించండి. ఈ ప్రక్రియ జరుగునపుడు వాయువు వలన చేయబడు పనిని మనం క్రింది విధంగా లెక్కించవచ్చును. సమీకరణము (8.17) నుండి వాయువు చేయబడు పని

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \qquad (8.31)$$

ఈ ప్రక్రియ అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియగా జరుగుచున్నది. కనుక ప్రతి స్థితిలోనూ వాయువు పరిసరాలతో సమతాస్థితిలో వుండును. ఇది సమతాస్థితిలో వుంది గనుక ప్రతి స్థితి వద్ద ఆదర్శ వాయు సూత్రము వర్తించును. ఘనపరిమాణము మరియు ఉష్ణోగ్రత రూపంలో పీడనమును వ్రాయునపుడు

$$P = \frac{\mu RT}{V} \qquad (8.32)$$

సమీకరణము (8.32) ను (8.31) లో ప్రతిక్షేపించిన

$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\mu RT}{V} \, dV$$

$$W = \mu RT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} \qquad (8.33)$$

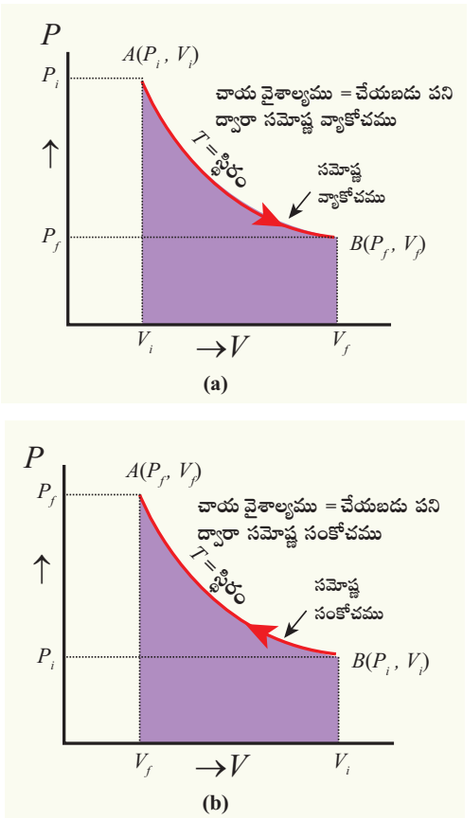
సమీకరణము(8.33) లో గల μRT ని సమాకలనము వెలుపల ఉంచుటకు కారణము ఏమనగా సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ పూర్తిగా ఉష్ణోగ్రత స్థిరము. సమీకరణము సమాకలనము (8.33) ను చేసినచో

$$W = \mu RT \, ln \left(\frac{V_f}{V_i}\right) \qquad (8.34)$$

ఇచ్చట ఏర్పడిన ఘనపరిమాణ వ్యాకోచము సమ ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచము $\frac{V_f}{V_i} > 1$, కావున $ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$ అగును. సమ ఉష్ణోగ్రత (8.34) ప్రక్రియకు ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమాన్ని ఈ విధంగా దీని ఫలితంగా సమ ఉష్ణోగ్రత కాబట్టి వ్యాకోచములో వాయువు వలన చేయబడు పని ధనాత్మకము అగును

వ్రాయవచ్చును $\frac{V_f}{V_i} < 1$. కావున $ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$.

దీని ఫలితంగా PV రేఖాచిత్రము సమ ఉష్ణోగ్రత పటము 8.27 వ్యాకోచములో వాయువు వలన చేయబడు పని ఋణాత్మకము అగును.



పటము 8.27 సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో చేయబడు పని

అదే విధంగా ఒక సమ ఉష్ణోగ్రత సంకోచమునకు PV రేఖాచిత్రము క్రింద గల వైశాల్యము వాయువుపై చేయబడిన పనికి సమానము. దీని ఫలితంగా ఒక సమ ఉష్ణోగ్రత సంకోచములో వాయువుపైన చేయబడు పని ఋణాత్మకము అగును.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 126 21-01-2023 11:48:21

గమనిక

ఇక సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో చేయబడు పనిని లెక్కించుటకు ఈ ప్రక్రియ ఒక అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియగా ఉందని అనుకొందము. ఇది అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియ కాకపోతే సమీకరణము (8.31) లో $P = \frac{\mu RT}{V}$ ను మనం ప్రతిక్షేపించలేము. ఎందుకంటే ఆదర్శ వాయు నియమము అసమతాస్థితి ప్రక్రియలకు వర్తించదు. కానీ సమీకరణము (8.34) సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ అర్ధ స్థితికంగా లేకపోయినప్పటికీ వర్తించును. ఎందువలనంటే పీడనము మరియు ఘనపరిమాణము వంటి స్థిర, చర రాశులు ఆదర్శ వాయువు యొక్క తొలి మరియు తుది స్థితులపై మాత్రమే ఆధారపడియుండును మరియు తుదిస్థాయి చేరు మార్గముపై ఆధారపడియుండదు. సమీకరణము (8.31) ను సమాకలనము చేయుటకు మాత్రమే మనము అర్ధ స్థితిక ప్రక్రియను ఊహించుకొనవలయును.

ఉదాహరణ 8.16

0.5 మోల్ వాయువు 300 K ఉష్ణోగ్రత వద్ద తొలి ఘనపరిమాణము 2 L నుండి 6 L వరకు సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో వ్యాకోచము చెందుచున్నది. అయితే

(అ) వాయువు వలన చేయబడు పని ఎంత?

(ఆ) వాయువునకు యివ్వబడిన ఉష్ణమును అంచనా వేయుము.

(ఇ) వాయువు యొక్క తుది పీడనము ఎంత? (వాయు స్థిరాంకము $R = 8.31\ J$ మోల్$^{-1}$ K^{-1})

సాధన:

(అ) సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ వ్యాకోచము నందు వాయువు వలన పనిచేయబడును

$\mu = 0.5$ గనుక

$$W = 0.5 \text{ మోల్} \times \frac{8.31J}{\text{మోల్}.K} \times 300\ K \times ln\left(\frac{6L}{2L}\right)$$

$$W = 1.369\ kJ$$

పని వాయవు వలన చేయబడినది గనుక W ధనాత్మకమని గమనించండి.

(ఆ) ఉష్ణగతికశాస్త్ర మొదటి నియమము నుండి ఒక సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో వ్యవస్థకు ఇవ్వబడిన ఉష్ణము పనిచేయుటకు వినియోగింపబడును.

కనుక, $Q = W = 1.369\ kJ$ కావున Q కూడా ధనాత్మకము మరియు ఉష్ణము వ్యవస్థలోనికి ప్రవహించుచున్నదని తెలియచున్నది.

(ఇ) ఒక సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియకు

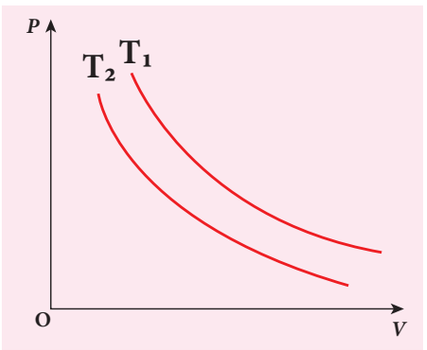
$$P_i V_i = P_f V_f = \mu RT$$

$$P_f = \frac{\mu RT}{V_f} = 0.5 \text{ మోల్} \times \frac{8.31J}{\text{మోల్}.\text{K}} \times \frac{300K}{6\times10^{-3}m^3}$$

$$= 207.75\ kPa$$

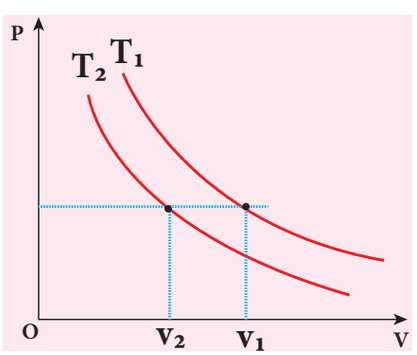
ఉదాహరణ 8.17

క్రింద ఇవ్వబడిన PV రేఖా పటము రెండు వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతలలో జరిగే రెండు సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలను చూపించుచున్నది. ఈ రెండింటిలో అధిక ఉష్ణోగ్రతను కనుగొనుము.



సాధన:

అధిక ఉష్ణోగ్రత సంబంధిత రేఖా పటమును కనుగొనుటకు క్రింది పటములో చూపినట్లు x-అక్షమునకు సమాంతరముగా ఒక క్షితిజ సమాంతర రేఖను గీయుము. ఇది స్థిర పీడనమునకు సంబంధించిన రేఖ అగును. స్థిర పీడన రేఖను ఖండించే లంబ రేఖల వద్ద గల ఘనపరిమాణము V_1 మరియు V_2 అనునది ఒకే పీడనములో నున్న ఘనపరిమాణము సూచిస్తున్నది.



11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 127 21-01-2023 11:48:23

పటము స్థిరమైన పీడనము వద్ద ఘనపరిమాణము అధికమగునపుడు వాయువులలో ఉష్ణోగ్రత కూడా అధికమగును. పై పటము నుండి V_1 కనుక V_2 అని మనము తెలుసుకొనవచ్చును.

$T_1 > T_2$ సాధారణంగా సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో ఉష్ణోగ్రత తక్కువగా ఉన్న వక్రరేఖలు ఆది బిందువుకు సమీపంగా ఉండును.

8.8.2 స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ (Adiabatic process)

ఈ ప్రక్రియలో ఉష్ణము వ్యవస్థ వైపుకు గాని వ్యవస్థ నుండి వెలుపలివైపుకి గాని ప్రవహించదు (Q=0), కానీ వాయువు దాని అంతర్గత శక్తిని ఉపయోగించి వ్యాకోచము చెందును లేదా కొంత బాహ్యబలము ద్వారా వాయువు సంకోచము చెందును. కాబట్టి ఒక స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వ్యవస్థ నందు పీడనము ఘనపరిమాణము మరియు ఉష్ణోగ్రతలు మార్పు చెందవచ్చును.

ఒక స్థిరోష్ణక ప్రక్రియకు ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము $\Delta U = -W$ అని వ్రాయవచ్చును. దీని ద్వారా వాయువు దాని అంతర్గత శక్తిని, ఉపయోగించి పనిచేయును లేదా వాయువుపై పనిచేయబడి దాని అంతర్గత శక్తి పెరుగును.

క్రింది పద్ధతులను ఉపయోగించి స్థిరోష్ణక ప్రక్రియను జరుపవచ్చును.

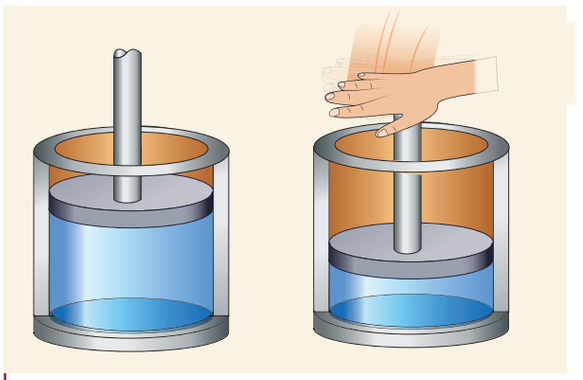
(i) వ్యవస్థ ఉష్ణశక్తిని పరిసరాలకు లేదా పరిసరాల నుండి ఉష్ణశక్తిని వ్యవస్థకు ప్రవహించకుండా ఉండేటట్లు వ్యవస్థను ఉష్ణ బంధకముగా (Thermal Insulating) చేయవలెను. ఉదాహరణకు ఉష్ణ పరంగా బంధకము గావింపబడిన ఒక స్తూపము లోనున్న వాయువు పటము 8.28 లో చూపినట్లు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో సేకరింపబడును లేదా స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వ్యాకోచము గావింపబడును.

(ii) ఎటువంటి ఉష్ణబంధకము లేని స్థితిలో పరిసరాలకు ఉష్ణమును ప్రసారం చేయుటకు వీలుకాని విధంగా అతి స్వల్ప కాలములో అతి వేగంగా జరిగినట్లయితే దీనిని కూడా స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ అని చెప్పవచ్చును. క్రింది పటములు 8.29 (అ), (ఆ) మరియు (ఇ) వివరిస్తున్నది.

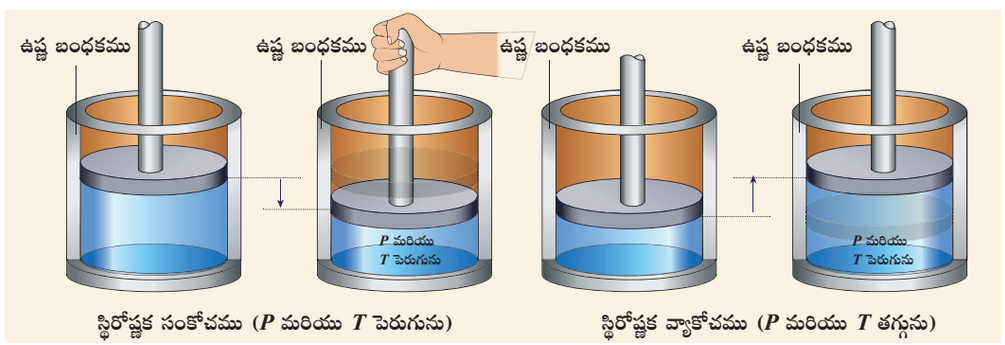
ఉదాహరణములు:



పటము 8.29 (అ) టైరు పేలినపుడు పరిసరాలకు ఉష్ణమును మార్పిడి చేయుటకు సమయము లేకుండా టైర్‌లోని గాలి అతివేగంగా వ్యాకోచము చెందును.



పటము 8.29 (ఆ): వాయువు అత్యంత వేగంగా సంకోచము లేదా వ్యాకోచము గావించినపుడు ఉష్ణ బంధకము లేనప్పటికినీ ఆ వాయువు వలన పరిసరాలకు ఉష్ణము మార్పిడి చేయబడలేదు.



పటము 8.28 స్థిరోష్ణక సంకోచము మరియు వ్యాకోచము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 128 21-01-2023 11:48:23



పటము 8.29 (ఇ): భూమి ఉపరితలము నుండి వెచ్చని గాలి పైకి పోవునపుడు అది స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వ్యాకోచము చెందుచున్నది. దీని ఫలితంగా నీటి ఆవిరి చల్లబడి నీటి బిందువుల వలె ద్రవీభవనము చెంది మేఘమును ఏర్పరుచును.

స్థిరోష్ణక ప్రక్రియకు స్థితి సమీకరణము

$$PV^{\gamma} = \text{స్థిరాంకము} \qquad (8.35)$$

ఇక్కడ γ అనునది స్థిరోష్ణక ఘాతము ($\gamma = C_p/C_v$) అగును. ఇది వాయువు యొక్క స్వభావముపై ఆధారపడియుండును.

సమీకరణము (8.35) లో ఒక వాయువు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో ఒక సమతాస్థితి (P_i, V_i) నుండి మరొక సమతాస్థితి (P_f, V_f) కు వెళ్ళునపుడు

$$P_i V_i^{\gamma} = P_f V_f^{\gamma} \qquad (8.36)$$

పటము (8.30) లో స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ వ్యాకోచము మరియు స్థిరోష్ణక సంకోచములకు PV రేఖా చిత్రమును చూపబడియున్నది. ఈ PV రేఖాచిత్రమును స్థిరోష్ణక వక్రరేఖ (*adiabat*) అందురు.

పటము (8.25) లో చూపిన సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ మరియు పటము (8.30) లో చూపిన స్థిరోష్ణక ప్రక్రియల PV రేఖాచిత్రములు ఒకే విధముగా ఉన్నవి. కానీ నిజానికి స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలైన వక్రరేఖ సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ చెందిన వక్రరేఖ కంటే ఇంచుమించు నిటారుగా ఉండును.

సమీకరణము (8.35) ను T మరియు V రూపంలో మనం క్రింది విధంగా కూడా వ్రాయవచ్చును. ఆదర్శ వాయు సమీకరణము నుండి పీడనము $P = \dfrac{\mu RT}{V}$ దీనిని సమీకరణము (8.35) లో ప్రతిక్షేపించిన $\dfrac{\mu RT}{V} V^{\gamma}$ = స్థిరాంకము లేదా $\dfrac{T}{V} V^{\gamma} = \dfrac{\text{స్థిరాంకము}}{\mu R}$ ను పొందవచ్చును.

ఇచ్చట μR కూడా మరొక స్థిరాంకము అగును. కావున దీనిని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

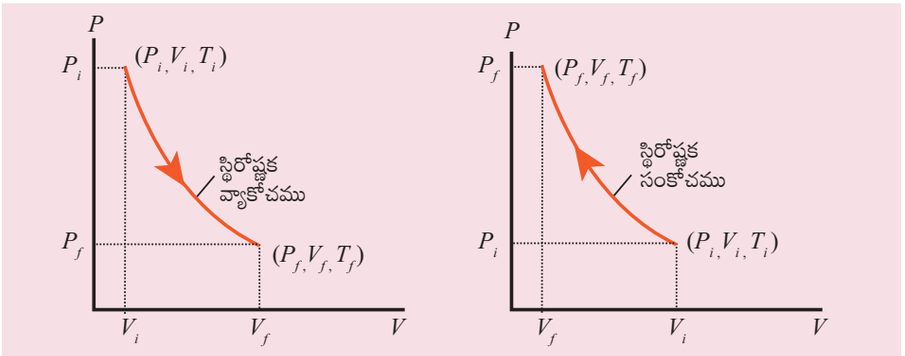
$$TV^{\gamma-1} = \text{స్థిరాంకము.} \qquad (8.37)$$

సమీకరణము (8.37) నుండి ఒక వాయువు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ పరంగా తొలి సమతాస్థితి (T_i, V_i) నుండి తుది సమతాస్థితి స్థాయి (T_f, V_f) కు వెళ్ళునపుడు క్రింది సంబంధమును తృప్తి పరచును.

$$T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1} \qquad (8.38)$$

T మరియు P రూపంలో స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలకు స్థితి సమీకరణమును ఈ విధంగా కూడా వ్రాయవచ్చును.

$$T^{\gamma} P^{1-\gamma} = \text{స్థిరాంకము.} \qquad (8.39)$$



పటము 8.30 స్థిరోష్ణక వ్యాకోచము మరియు స్థిరోష్ణక సంకోచములకు PV రేఖా చిత్రము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 129 21-01-2023 11:48:24

(సె.మీ 8.39 ను బుజువు చేయుటను ఒక అభ్యాసముగా తీసుకొందాం).

ఉదాహరణ 8.18



మాములుగా చేతి పంపును ఉపయోగించి మనము సైకిల్ టైర్‌కు గాలి కొడుతుంటాము. పంపులోని గాలి ఉష్ణగతిక వ్యవస్థగా భావించిన వాతావరణ పీడనము వద్ద గాలి యొక్క ఘనపరిమాణము V మరియు గది ఉష్ణోగ్రత 27°C అనుకొనుము. టైర్ యొక్క నాసిక (గాలి పట్టే భాగము) మూసుకొని యున్నదని ఊహించుకొనుము మరియు నీవు గాలిని దాని ప్రారంభ ఘనపరిమాణము నుండి నాలుగులో ఒక భాగము తుది ఘనపరిమాణమునకు అదుముచున్నది. అయిన పంపులోని గాలి యొక్క తుది ఉష్ణోగ్రతను లెక్కింపుము? (టైర్ యొక్క నాసిక మూసియుండినప్పుడు గాలి టైర్ లోపలికి ప్రవహించదు కావున ఈ చర్య స్థిరోష్ణక సంపీడన చర్య అగును) గాలికి γ విలువ = 1.4

సాధన

ఇచ్చట ఈ ప్రక్రియ స్థిరోష్ణక సంపీడనము ఘనపరిమాణము ఇవ్వబడినది మరియు ఉష్ణోగ్రతను కనుగొనవలెను. మనము 8.38 సమీకరణమును ఉపయోగించవచ్చును.

$$T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1}.$$

$$T_i = 300\ K \quad (273+27°C = 300\ K)$$

$$V_i = V \text{ మరియు } V_f = \frac{V}{4}$$

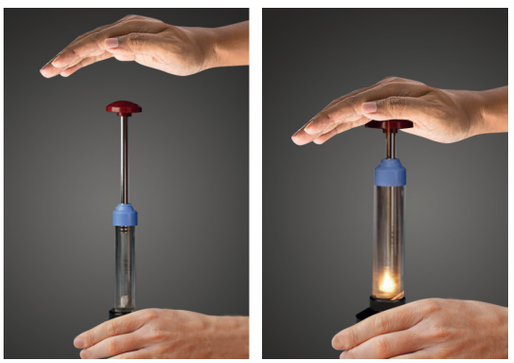
$$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\ K \times 4^{1.4-1} = 300K \times 1.741$$

$T2 \approx 522\ K$ or 249^0C

ఈ ఉష్ణోగ్రత నీటి భాష్పీభవన ఉష్ణోగ్రత కన్నా ఎక్కువ. కావున టైరు యొక్క నాసిక మూసుకొనియున్నచో చేతి పంపు ద్వారా గాలి కొట్టునప్పుడు టైరు యొక్క నాసికను తాకుట చాలా అపాయకరము.

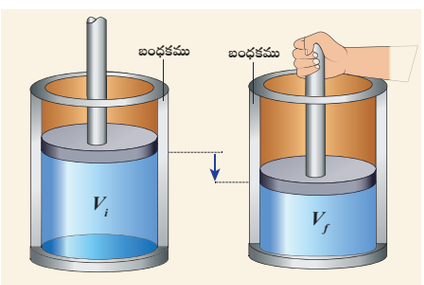
మీకు తెలుసా?

ముషలకమును అత్యంత వేగంగా సంపీడనము చెందినప్పుడు పరిసరములకు ఉష్ణమార్పిడి చేయడానికి కావలసిన సమయం లేదు. అప్పుడు గాలి యొక్క ఉష్ణోగ్రత అత్యంత వేగంగా పెరుగుతుంది. ఈ విషయం పటము ద్వారా చూపబడింది. డీసల్ యంత్రములలో ఈ సిద్ధాంతాన్ని ఉపయోగిస్తారు. గాలి – గ్యాసోలిన్ మిశ్రమము అత్యంత వేగంగా సంపీడనము (స్థిరోష్ణక సంపీడనము) చెంది యంత్రము యొక్క లోపలి భాగములో అసాధారణంగా ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది. ఈ ఉష్ణోగ్రత నిప్పు రవ్వను (spark) సృష్టించడానికి సరిపోతుంది.



స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ ద్వారా చేయబడిన పని:

μ మోల్స్ ఆదర్శ వాయువును ఉష్ణ బందకం చేయబడిన గోడలు మరియు ఆధారము కలిగిన ఒక స్తూపములో ఉంచుము. ఒక ఘర్షణలేని ఉష్ణబందక ముషలకం యొక్క మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం A పటము 8.31 లో చూపిన విధంగా స్తూపములో అమర్చబడినది.



పటము 8.31 స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ ద్వారా చేయబడిన పని

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 130 21-01-2023 11:48:24

స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ ద్వారా వ్యవస్థ ప్రారంభ స్థితి (P_i, V_i, T_i) నుండి తుది స్థితి (P_f, V_f, T_f) చేరడానికి చేయబడిన పని W అయితే.

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \qquad (8.40)$$

స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ అనునది పాక్షికంగా ఉండునని అనుకొనుము. ప్రతి స్థితి యందు ఆదర్శ వాయువు నియమము వర్తిస్తుంది. ఈ పరిస్థితిలో స్థితి యొక్క స్థిరోష్ణక సమీకరణము PV^{γ} = స్థిరాంకము (లేదా) $P = \frac{\text{స్థిరాంకము}}{V^{\gamma}}$ సమీకరణము (8.40) లో ప్రతిక్షేపించగా మనము పొందునది.

$$\therefore W_{adia} = \int_{v_i}^{V_f} \frac{\text{స్థిరాంకము}}{V^{\gamma}} dV$$

$$= \text{స్థిరాంకము} \int_{V_i}^{Vf} V^{-\gamma} dV$$

$$= \text{స్థిరాంకము} \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}\right]_{V_i}^{V_f}$$

$$= \frac{\text{స్థిరాంకము}}{1-\gamma}\left[\frac{1}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$= \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{\text{స్థిరాంకము}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{\text{స్థిరాంకము}}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

అయితే, $P_i V_i^{\gamma} = P_f V_f^{\gamma} =$ స్థిరాంకము.

$$\therefore W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{P_f V_f^{\gamma}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{P_i V_i^{\gamma}}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}[P_f V_f - P_i V_i] \qquad (8.41)$$

ఆదర్శ వాయువు యొక్క నియమము నుండి

$P_f V_f = \mu R T_f$ మరియు $P_i V_i = \mu R T_i$

సమీకరణము (8.41) లో ప్రతిక్షేపించగా మనము పొందునది.

$$\therefore W_{adia} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}\,[T_i - T_f] \qquad (8.42)$$

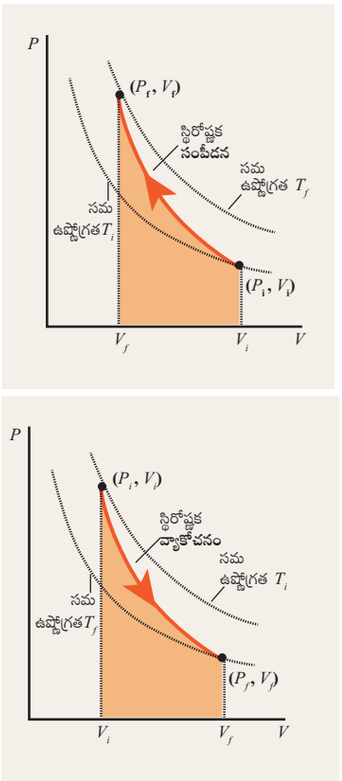
స్థిరోష్ణక విస్తరణలో వాయు ద్వారా చేయబడిన పని W_{adia} అనునది ధనాత్మకము. ఇక్కడ $T_i > T_f$ అయినప్పుడు స్థిరోష్ణక విస్తరణ ప్రక్రియలో వాయువు చల్లబడును.

స్థిరోష్ణక సంపీడనము యందు వాయువు చేయబడిన పని i.e., W_{adia} అనునది ఋణాత్మకము. ఇక్కడ $T_i < T_f$ కావున స్థిరోష్ణ సంపీడనంతో వాయువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత అధికమగును.

గమనిక

8.11 మరియు 8.12 సమీకరణములను ఉత్పాదించబడినప్పటికి స్థిరోష్ణక ప్రక్రియను పాక్షిక ప్రక్రియగా తీసుకొనుము. ఈ ప్రక్రియ పాక్షికంగా లేనప్పటికి, రెండు సమీకరణములు వర్తించును. ఎందుకనగా P మరియు V అనునది స్థితి చరరాశులు మరియు ఒకదానిపై ఒకటి ఆధారపడకుండా ఆరంభ మరియు తుది స్థితి నందు మాత్రమే వర్తించును.

పటము 8.32 లో స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో PV రేఖాచిత్రం చూపబడినది. ప్రారంభ స్థితి నుండి తుది స్థితి వరకు స్థిరోష్ణక వక్ర రేఖకు క్రింద గల వైశాల్యం స్థిరోష్ణ ప్రక్రియ నందు చేయబడిన మొత్తం పని ఇస్తుంది.



పటము 8.32 PV రేఖా చిత్రం స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో చేయబడిన పని

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 131 21-01-2023 11:48:26

సమ ఉష్ణోగ్రత మరియు స్థిరోష్ణక వక్ర రేఖను సమ ఉష్ణోగ్రత వక్ర రేఖతో బాటు T_f మరియు T_i గీయబడినది. స్థిరోష్ణక వక్ర రేఖ సమ ఉష్ణోగ్రత వక్ర రేఖ కంటే లంబముగా ఉండును. ఎందుకనగా ఎల్లప్పుడు $\gamma > 1$.

8.8.3 సమపీడన ప్రక్రియ (Isobaric process)

ఇది స్థిర పీడనము వద్ద జరుగు ఒక ఉష్ణగతిక ప్రక్రియ. ఈ ప్రక్రియలో పీడనము స్థిరముగా ఉన్నప్పటికీ, ఉష్ణోగ్రత, ఘనపరిమాణము మరియు అంతర్గత శక్తి స్థిరము కాదు. ఆదర్శ వాయువు యొక్క సమీకరణము నుండి మనము పొందునది

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right) T \qquad (8.43)$$

ఇచ్చట $\frac{\mu R}{P}$ = స్థిరాంకము

సమపీడన ప్రక్రియ యందు ఉష్ణోగ్రత ఘనపరిమాణమునకు అనులోమాను పాతములో నుండును.

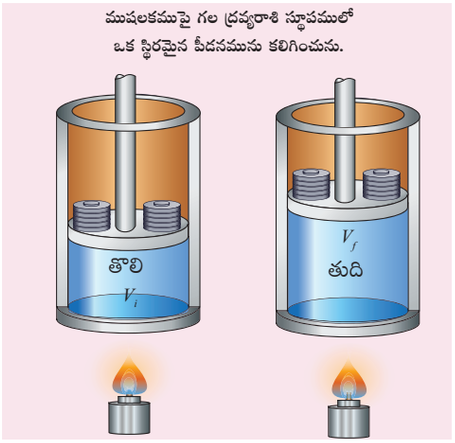
$$V \propto T \quad \text{(సమపీడన ప్రక్రియ)} \qquad (8.44)$$

ఈ సమీకరణము సమపీడన ప్రక్రియను సూచిస్తుంది. V-T రేఖా చిత్రమున ఆది బిందువు గుండా చలించే ఒక సరళరేఖ అగును. వాయువు (V_i, T_i) స్థితి నుండి (V_f, T_f) స్థితికి స్థిర పీడనములో వెళ్ళునప్పుడు క్రింది సమీకరణమును సంతృప్తిపరుచును.

$$\frac{T_f}{V_f} = \frac{T_i}{V_i} \qquad (8.45)$$

సమపీడన ప్రక్రియకు ఉదాహరణములు:

(i) వాయువును వేడిచేసినప్పుడు వాయువు వేడెక్కి ముషలకమును నెట్టినట్లు చేయును. కావున వాతావరణ పీడనము మరియు గురుత్వాకర్షణ బలముల మొత్తం ఒక సమానమైన బలమును ముషలకముపై కలిగిస్తుంది. ఈ ప్రక్రియను సమపీడన ప్రక్రియ అగును. ఇది పటము 8.33 లో చూపబడియున్నది



పటము 8.33 సమపీడన ప్రక్రియ

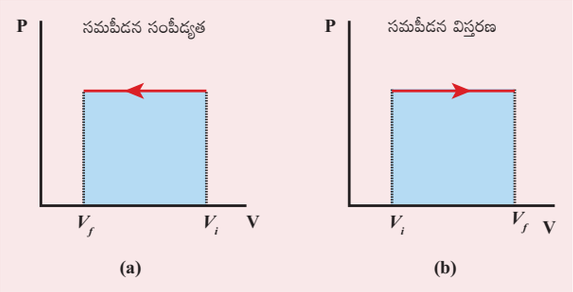
(ii) మన వంట గదిలో చేయు అనేక వంట ప్రక్రియలు సమపీడన ప్రక్రియలో జరుగుచున్నవి. మూత తెరచిన పాత్రలో వంట వండిన ఆహారము మీద నున్న పీడనము ఎల్లప్పుడు వాతావరణ పీడనమునకు సమానంగా నుండును. పటము 8.34 చూపబడియున్నది.



పటము 8.34 సమపీడన ప్రక్రియ

పటము 8.35 లో చూపబడిన సమపీడన ప్రక్రియ PV రేఖా చిత్రము ఘనపరిమాణ అక్షమునకు సమాంతరముగా పోవు ఒక క్షితిజతల రేఖ అగును. పటము 8.35 (అ) ఘనపరిమాణము తగ్గునప్పుడు ఏర్పడు సమపీడన ప్రక్రియను చూపిస్తుంది. పటము 8.35 (ఆ) ఘనపరిమాణము పెరుగునప్పుడు ఏర్పడు సమపీడన ప్రక్రియను చూపిస్తుంది.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 132 21-01-2023 11:48:27



పటము 8.35 సమపీడన ప్రక్రియను తెలియజేసే PV రేఖా చిత్రము.

సమపీడన ప్రక్రియలో వాయువు ద్వారా చేయబడిన పని

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \qquad (8.46)$$

సంపీడన ప్రక్రియలో పీడనము స్థిరముగా నుండును. కావున P అనునది అవకలనమునకు వెలుపల వచ్చును.

$$W = P\int_{V_i}^{V_f} dV \qquad (8.47)$$

$$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V \qquad (8.48)$$

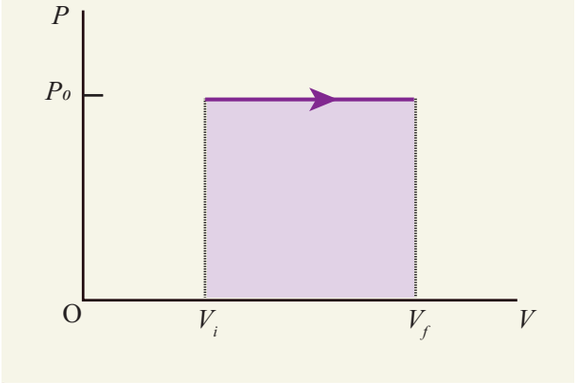
ΔV అనునది ఘనపరిమాణములో ఏర్పడిన మార్పును తెలియజేయుచున్నది. ΔV ఋణాత్మకమైన యెడల W కూడా ఋణాత్మకమగును. ఈ దృగ్విషయం వాయువు మీద పని చేయబడినదని సూచిస్తుంది. ΔV ధనాత్మకమైన W కూడా ధనాత్మకము, ఇచ్చట వాయువు వలన పని చేయబడినదని అని సూచిస్తుంది. ఆదర్శ వాయువుల (ideal gas) సమీకరణమును ఉపయోగించి సమీకరణము 8.48 ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$PV = \mu RT \text{ మరియు } V = \frac{\mu RT}{P}$$

పై సమీకరణము 8.48 లో ప్రతిక్షేపించగా మనము పొందునది

$$W = \mu RT_f\left(1 - \frac{T_i}{T_f}\right) \qquad (8.49)$$

PV రేఖా చిత్రములో సమపీడన ప్రక్రియలో రేఖకు క్రింద యుండు వైశాల్యము సమపీడన ప్రక్రియలో చేయబడిన పనికి సమానముగా నుండును. క్రింది ఇవ్వబడిన పటము 8.36 లో వాయువు ద్వార చేయబడిన పని ఛాయ చేయబడిన వైశాల్యమునకు సమానం.



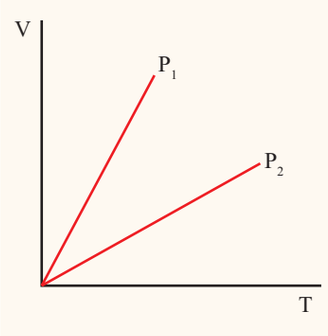
పటము 8.36 సమపీడన ప్రక్రియలో చేయబడిన పని

సమపీడన ప్రక్రియ (isobaric process) కు చెందిన ఉష్ణగతిక మొదటి నియమము విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\Delta U = Q - P\Delta V \qquad (8.50)$$

ఉదాహరణ 8.19

క్రింద చూపబడిన V-T రేఖ చిత్రమున రెండు వేర్వేరు పీడనములలో జరుగు సమపీడన ప్రక్రియను తెలియజేయుచున్నది. వీటిలో ఈ ప్రక్రియ అత్యధిక పీడనములో జరుగునా కనుగొనుము.



సాధన

ఆదర్శ వాయువుల యొక్క సమీకరణము నుండి

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right)T$$

V-T రేఖా చిత్రము ఆది బిందు నుండి పోవు ఒక సరళ రేఖ అగును.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 133 21-01-2023 11:48:29

దాని వాలు = $\frac{\mu R}{P}$

V-T రేఖ యొక్క వాలు పీడనమునకు విలోమానుపాతములో నుండును. వాలు గరిష్ఠముగా ఉన్నప్పుడు పీడనము తగ్గును. ఇచ్చట P_1 వాలు P_2 కన్నా ఎక్కువ. కావున $P_2 > P_1$.

T మరియు V మధ్య గీయబడిన రేఖా చిత్రము (ఉష్ణోగ్రత x-అక్షము ద్వారా మరియు ఘనపరిమాణము y-అక్షము ద్వారా) గీచినట్లయితే P2 > P1 అగునా? ఆలోచించి మీ సమాధానము వ్రాయుము.

ఉదాహరణ 8.20

ప్రారంభములో 27°C ఉష్ణోగ్రతలో నున్న ఒక మోల్ ఆదర్శ వాయువు 1 MPa పీడనము వద్ద ఒక స్థూపములో ఉంచబడినది. దాని ఘనపరిమాణమును రెండు రెట్లు వచ్చు వరకు వ్యాకోచింపచేసిన తరువాత క్రింది వాటిని లెక్కించుము.

(అ) క్రింది ఇవ్వబడిన ఒక్కొక్క ప్రక్రియలో వ్యాకోచం చెందితే వాయువు వలన చేయబడిన పనిని కనుగొనుము. (i) స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ (ii) సమపీడన ప్రక్రియ (iii) సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ

(ఆ) పైన తెలిపిన మూడు ప్రక్రియలలో ఏ ప్రక్రియ నందు వాయువు వలన చేయబడిన పని గరిష్ఠంగానూ మరియు కనిష్ఠంగానూ ఉండును?

(ఇ) ప్రతి ప్రక్రియనూ PV రేఖా చిత్రము ద్వారా చూపండి.

(ఈ) పై మూడు ప్రక్రియలలో ఏ ప్రక్రియ నందు ఉష్ణమార్పిడి గరిష్ఠము మరియు కనిష్ఠముగా నుండును?

($\gamma = \frac{5}{3}$ మరియు R=8.3 J mol^{-1} K^{-1} గా తీసుకొనుము)

సాధన

(అ) (i) స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని

$$W_{adia} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_i - T_f]$$

అంతిమ ఉష్ణోగ్రత T_fను కనుగొనుటకు స్థిరోష్ణక సమీకరణమును ఉపయోగించివచ్చును.

$$T_f V_f^{\gamma-1} = T_i V_i^{\gamma-1}$$

$$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0.63 \times 300K = 189.8\text{K}$$

$$W = 1 \times 8.3 \times \frac{3}{2}(300 - 189.8) = 1.37\text{kJ}$$

(ii) సమపీడన ప్రక్రియలో వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని

$$W = P\Delta V = P(V_f - V_i)$$

మరియు $V_f = 2V_i$ కావున $W = 2PV_i$

V_i ను కనుగొనుటకు ప్రారంభ స్థితి నందు ఆదర్శ వాయువుల నియమాన్ని ఉపయోగించవచ్చును.

$$V_i = \frac{RT_i}{P_i} = 8.3 \times \frac{300}{1} \times 10^{-6} = 24.9\times10^{-4}\text{m}^3$$

సమపీడన ప్రక్రియ ద్వారా చేయబడిన పని

$$W = 2 \times 10^6 \times 24.9 \times 10^{-4} = 4.9\ kJ$$

(iii) సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని,

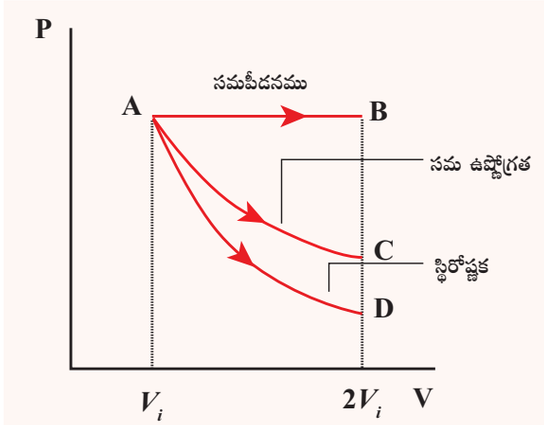
$$W = \mu RT\ ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో ప్రారంభ గది ఉష్ణోగ్రత స్థిరముగా ఉన్నది.

కావున $W = 1 \times 8.3 \times 300 \times ln(2) = 1.7kJ$

(ఆ) ఈ మూడు ప్రక్రియలను పోల్చినచో సమపీడన ప్రక్రియలో చేయబడిన పని మిక్కిలి గరిష్ఠము మరియు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో చేయబడిన పని మిక్కిలి కనిష్ఠము.

(ఇ) PV రేఖా చిత్రము పటములో చూపబడినది.



11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 134 21-01-2023 11:48:31

AB వక్ర రేఖకు క్రింది భాగపు వైశాల్యం = సమపీడన ప్రక్రియ ద్వారా చేయబడిన పని

AC వక్ర రేఖకు క్రింది భాగపు వైశాల్యం = సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ ద్వారా చేయబడిన పని.

AD వక్ర రేఖకు క్రింది భాగపు వైశాల్యం = స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ ద్వారా చేయబడిన పని

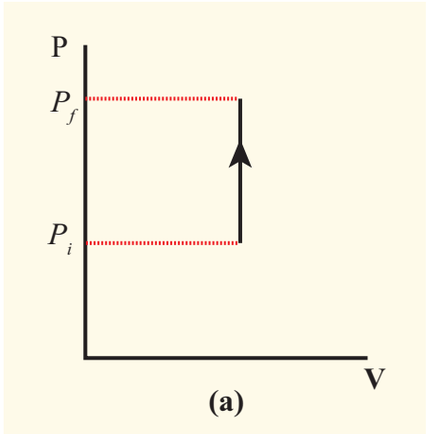
PV రేఖా చిత్రము నుండి AB వక్ర రేఖ యొక్క క్రింది భాగపు వైశాల్యం ఎక్కువ కావున ఇది సమపీడన ప్రక్రియలో చేయబడిన పని ఎక్కువగా ఉండునని తెల్పుచున్నది. మరియు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో చేయబడిన పని తక్కువగా ఉండునని తెలియుచున్నది.

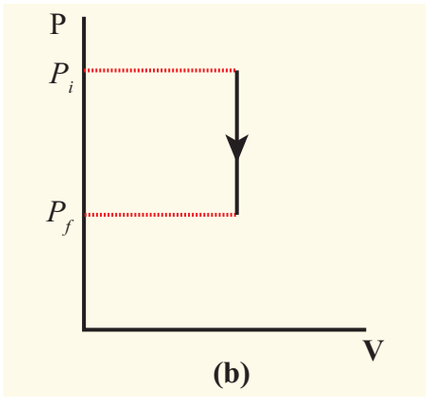
(ఈ) స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వ్యవస్థలోనికి ఎటువంటి ఉష్ణము ప్రసారం కాలేదు లేదా వ్యవస్థ నుండి ఎటువంటి ఉష్ణము విడుదల చేయబడలేదు. సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియతో పోల్చినప్పుడు సమపీడన ప్రక్రియలో చేయబడిన పని ఎక్కువ కావున ఉష్ణము ఎక్కువ

8.8.4 సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ (Isochoric process)

వ్యవస్థలో ఘనపరిమాణము స్థిరముగా ఉంచి చేయబడు ఉష్ణగతిక ప్రక్రియను సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ అందురు. ఈ ప్రక్రియలో పీడనం ఉష్ణోగ్రత మరియు అంతర్గత శక్తులు చరరాశులుగా కొనసాగుతుంది.

పటము 8.37 లో చూపబడిన సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ నందు పీడనము ఘనపరిమాణ రేఖాచిత్రములో పీడన అక్షమునకు సమాంతరముగా గీయబడు సమాంతర రేఖ అగును.





పటము 8.37: సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియలో అ) పీడనము అధికము గావించబడిన స్థితి మరియు ఆ) తగ్గింపబడిన పీడనము.

సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియలోని స్థితి సమీకరణము క్రింద యివ్వబడినది.

$$P = \left(\frac{\mu R}{V}\right) T \qquad (8.51)$$

ఇక్కడ $\left(\frac{\mu R}{V}\right)$ = స్థిరాంకము

దీనిని బట్టి పీడనము ఉష్ణోగ్రతకు అనులోమాను పాతములో ఉండుటను మనము గమనింపవచ్చును. సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ యొక్క P-T రేఖా చిత్రము ఆది బిందువు నుండి పోవు ఒక సరళరేఖ అగును. స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద (P_i, T_i) స్థితి నుండి (P_f, T_f) స్థితికి వెళ్ళునప్పుడు వ్యవస్థ యందు క్రింది సమీకరణమును సంతృప్తి పరుచును.

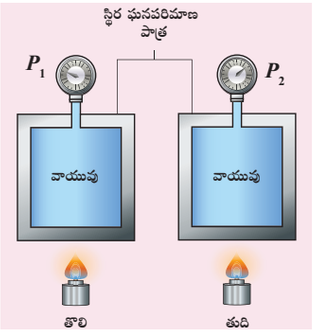
$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \qquad (8.52)$$

సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియలో $\Delta V=0$ మరియు $W=0$ అయిన ఉష్ణగతిక మొదటి నియమము అనునది

$$\Delta U = Q \qquad (8.53)$$

దీనిని బట్టి వ్యవస్థకు సరఫరా చేయబడిన ఉష్ణము అంతర్గత శక్తిని మాత్రమే పెంచుతుంది. దీని ఫలితముగా ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది మరియు పీడనము కూడా అధికమౌతుంది. ఈ విషయము క్రింది పటములో చూపబడియున్నది. పటము 8.38

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 135 21-01-2023 11:48:31



పటము 8.38: సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ

సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ ఘనపరిమాణము స్థిరముగా నుండుటకు గోడలచే నిర్మించబడిన ఒక వ్యవస్థ పరికరములకు ఉష్ణమును కోల్పోయినట్లైతే దాని అంతర్గత శక్తి (internal energy) తగ్గును. దీని ఫలితముగా ఉష్ణోగ్రత తగ్గడం వల్ల పీడనము కూడా తగ్గును.

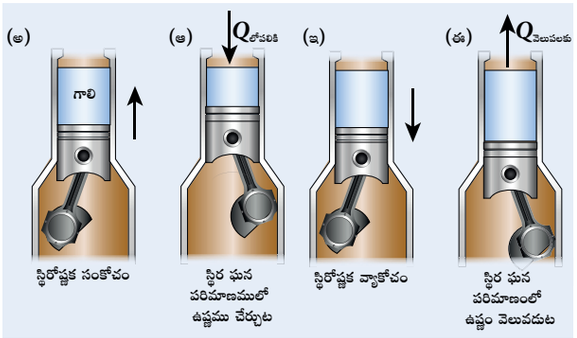
ఉదాహరణలు:

1. క్రింది పటములో చూపబడిన ప్రకారం మూత మూయబడిన పాత్రలో ఆహారం వండుట



మూత మూయబడిన స్థితిలో ఆహారమును వండినప్పుడు, కొంత సమయం తరువాత నీటి ఆవిరిచే మూత పైకి నెట్టబడటం గమనించవచ్చును. ఇది ఎందుకనగా, పాత్ర యొక్క మూత మూయబడినపుడు ఘనపరిమాణము స్థిరముగా ఉంటుంది. ఉష్ణమును నిరంతరముగా ప్రసారం చేసినప్పుడు పీడనము అధికమగును మరియు నీటి ఆవిరి మూతను పైకి నెట్టుటకు ప్రయత్నించును.

2. మోటారు వాహనములలో పెట్రోల్ యంత్రము నందు నాలుగు ప్రక్రియలు జరుగును. మొదట పటము (అ) లో చూపబడిన ప్రకారం ముషలకమును స్థిరోష్ణకముగా కొంత ఘనపరిమాణము సంకోచింప చేస్తుంది. రెండవ ప్రక్రియ నందు పటము (ఆ) లో గాలి ఇందన మిశ్రమము యొక్క ఘనపరిమాణమును స్థిరముగా ఉంచి మరియు ఉష్ణమును చేర్చవలెను. దీని ఫలితముగా ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనమును అధికమగును. ఇది ఒక సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ అగును. మూడవ ప్రక్రియలో పటము (ఇ) లో స్థిరోష్ణక వ్యాకోచం ఏర్పడును. మరియు నాలుగవ ప్రక్రియ పటము (ఈ) లో ముషలకమును కదలకుండ ఉంచినప్పుడు సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ మళ్ళీ ఏర్పడి ఉష్ణం బయటికి వెళ్ళుతుంది.



వివిధ ఉష్ణగతిక శాస్త్ర ప్రక్రియల సారాంశము. పట్టిక 8.4 లో యివ్వబడినది.

ఉదాహరణ 8.21

500 గ్రా నీటిని 30°C ఉష్ణోగ్రత నుండి 60°C ఉష్ణోగ్రతకు పెంచిన యెడల నీటి యొక్క అంతర్గత శక్తిలో మార్పును కనుగొనుము. (ఇక్కడ నీటి యొక్క వ్యాకోచమును ఉపేక్షించవలెను, మరియు నీటి యొక్క విశిష్టోష్ణము 4184 J/kg.K)

సాధన:

నీటిని 30°C నుండి 60°C వరకు వేడి చేసినప్పుడు ఘనపరిమాణంలో స్వల్పంగా మార్పు చెందును. కానీ ఈ ప్రక్రియను సమ ఘనపరిమాణంగా అనుకొనుము. ఈ సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియలో వ్యవస్థ వలన చేయబడిన పని శూన్యం అగును. కాబట్టి ఇవ్వబడిన ఉష్ణము అంతర్గత శక్తిని అధికము చేయబడుటకు మాత్రమే ఉపయోగపడును.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 136 21-01-2023 11:48:32

$$\Delta U = Q = ms_v \Delta T$$

నీటి యొక్క ద్రవ్యరాశి = 500 g =0.5 kg

ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు = 30K

ఉష్ణము $Q = 0.5 \times 4184 \times 30 = 62.76\ kJ$

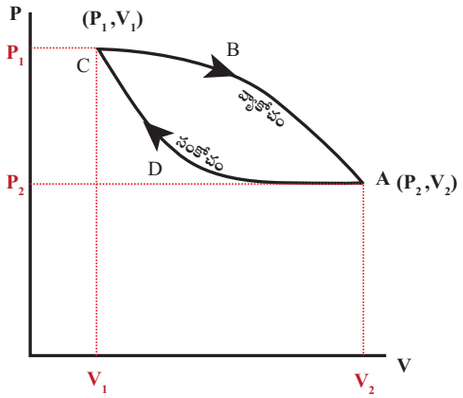
8.8.5 చక్రీయ ప్రక్రియలు (Cyclic processes)

ఈ రకపు ఉష్ణగతిక ప్రక్రియలో ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ ఒక స్థితి నుండి వరుసగా మార్పులకు గురియై చివరకు తన ప్రారంభ స్థితికి మరల తిరిగి వచ్చి చేరును. వ్యవస్థ తన ప్రారంభ స్థితిని తిరిగి పొందుట వలన తన అంతర్గత శక్తిలో ఏర్పడు మార్పు శూన్యమగును. చక్రీయ ప్రక్రియ వ్యవస్థ నుండి ఉష్ణము వెలువడును. అదే లాగ వ్యవస్థ నుండి కూడా ఉష్ణము వెలువడును. ఉష్ణ గతిక మొదటి నియమము నుండి వ్యవస్థకు మార్పు చేయబడిన ఫలిత ఉష్ణము వాయువు వలన చేయబడిన పనికి సమానము.

$$Q_{net} = Q_{in} - Q_{out} = W \quad \text{(చక్రీయ ప్రక్రియ)} \qquad (8.54)$$

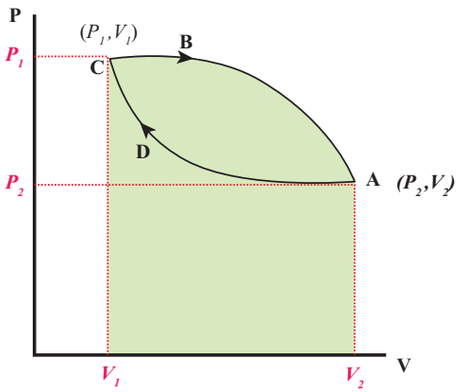
8.8.6 చక్రీయ ప్రక్రియకు PV పటము (PV diagram for a cyclic process)

చక్రీయ ప్రక్రియకు చెందిన PV పటము అనునది ఒక మూయబడిన వక్ర రేఖ అగును. వాయువు చక్రీయ ప్రక్రియకు లోనౌతుంది. ఈ ప్రక్రియ వాయువు వ్యాకోచం మరియు సంకోచం చెందిన తరువాత తన ప్రారంభ స్థితికి పటము 8.39 లో చూపినట్లు తిరిగి వచ్చి చేరును.

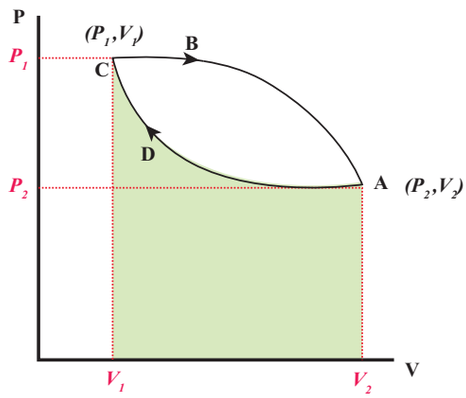


పటము 8.39 చక్రీయ ప్రక్రియలో PV పటము

ఘనపరిమాణము V_1 నుండి V_2 కు వాయువు వ్యాకోచించినప్పుడు వాయువు వలన చేయబడిన పని W_1 అనుకొందాం. ఈ పనిని పటము 8.40 (అ) లో క్రింద చూపబడిన CBA వక్ర రేఖకు క్రింది గల వక్ర రేఖ క్రింది వైశాల్యమునకు సమానం.



పటము 8.40: (అ) CBA వక్ర రేఖకుచెందిన పని



పటము 8.40 (ఆ) ADC వక్ర రేఖ కుచెందిన పని

ఘనపరిమాణము V_2 నుండి V_1 కు వాయువు సంకోచించినప్పుడు వాయువు మీద చేసిన పని W_2 అనుకొందాం. ఈ పని పటము 8.40 (ఆ) లో చూపబడిన ADC వక్ర రేఖకు క్రింది ఉన్న వైశాల్యమునకు సమానము.

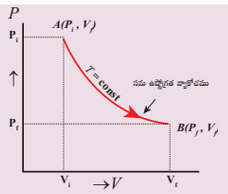
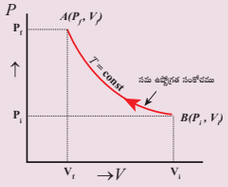
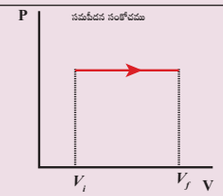
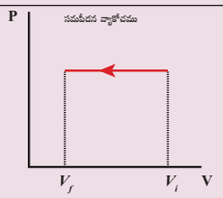
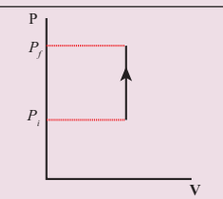
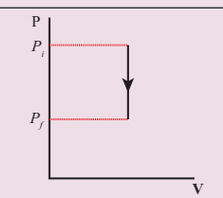
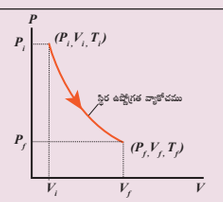
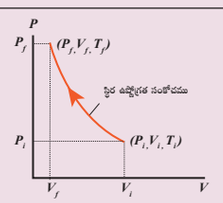
ఈ చక్రీయ ప్రక్రియ ద్వారా చేయబడిన ఫలిత పని $W_1 - W_2$ ఇది పటము 8.41 లో చూపినట్లు వక్ర మార్గం మధ్య లోపల పచ్చగా ఛాయ చేయబడిన వైశాల్యమునకు సమానము.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 137 21-01-2023 11:48:32

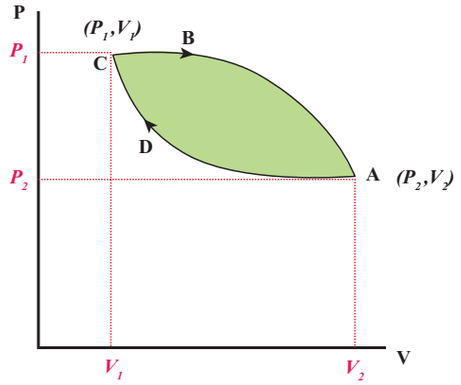
పట్టిక 8.4: వివిధ ఉష్ణగతిక ప్రక్రియలు సారాంశము

వ. సంఖ్య	పద్ధతి		ఉష్ణము Q	ఉష్ణోగ్రత & అంతర్గత శక్తి	పీడనము
1	సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలు	వ్యాకోచము	$Q > 0$	స్థిరము	తగ్గుట
		సంకోచము	$Q < 0$	స్థిరము	పెరుగుట
2	సమపీడన ప్రక్రియలు	వ్యాకోచము	$Q > 0$	పెరుగుట	స్థిరము
		సంకోచము	$Q < 0$	తగ్గుట	స్థిరము
3	సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ		$Q > 0$	పెరుగుట	పెరుగుట
			$Q < 0$	తగ్గుట	తగ్గుట
4	స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలు	వ్యాకోచము	$Q = 0$	తగ్గుట	తగ్గుట
		సంకోచము	$Q = 0$	పెరుగుట	పెరుగుట

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 138 21-01-2023 11:48:33

	ఘనపరిమాణం	స్థితి సమీకరణం	చేయబడిన పని (ఆదర్శ వాయువు)	సూచిక పటము (**PV** పటము)
	పెరుగుట	$PV =$ స్థిరము	$W=\mu RT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$	
	తగ్గుట		$W=\mu RT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$	
	పెరుగుట	$\frac{V}{T} =$ స్థిరము	$W=P\,[V_f - V_i]=P\Delta V > 0$	
	తగ్గుట		$W=P\,[V_f - V_i]=P\Delta V < 0$	
	స్థిరము	$\frac{P}{T} =$ స్థిరము	శూన్యం	 
	పెరుగుట	$PV^{\gamma} =$ స్థిరము	$W=\frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_i - T_f) > 0$	
	తగ్గుట		$W=\frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_i - T_f) < 0$	

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 139 21-01-2023 11:48:33



పటము 8.41 చక్రీయ ప్రక్రియలో చేయబడిన ఫలిత పని

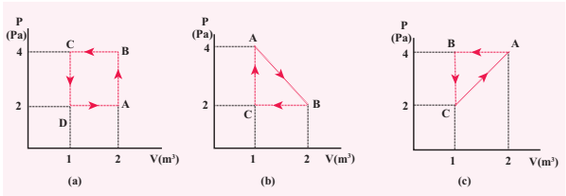
కావున పై పటము నుండి చక్రీయ ప్రక్రియలో చేయబడిన ఫలిత పని శూన్యము కాదు. సాధారణముగా చేయబడిన ఫలిత పని ధనాత్మకముగానో లేదా ఋణాత్మకముగానో ఉండును. చేయబడిన ఫలిత పని ధనాత్మకమైనచో వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని, వ్యవస్థపై చేయబడిన పని కంటే ఎక్కువగును. అదే విధముగా చేయబడిన ఫలిత పని ఋణాత్మకమైనచో వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని, వ్యవస్థపై చేయబడిన పని కంటే తక్కువగా ఉండును.

గమనిక

చక్రీయ ప్రక్రియలో చేయబడిన ఫలిత పని ధనాత్మకమైతే రేఖాచిత్రము సవ్య దిశలో ఉండును. చక్రీయ ప్రక్రియలో చేయబడిన ఫలిత పని ఋనాత్మకమైతే రేఖాచిత్రము అపసవ్య దిశలో ఉండును. పటము 8.41 లో చూపబడిన ప్రక్రియ సవ్యదిశలో వెళ్ళును.

ఉదాహరణ 8.22

ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యొక్క PV పటము క్రింద ఇవ్వబడినది. ప్రతి చక్రీయ ప్రక్రియలో చేయబడిన మొత్తము పనిని కనుగొనుము.



సాధన

సందర్భము (అ) లో మూయబడిన వక్రములో దిశ అపసవ్య దిశగా ఉన్నది ఫలిత పని ఋణాత్మకము కావున వ్యవస్థ మీద చేయబడిన పని వ్యవస్థ వలన చేయబడిన పని అధికమని సూచిస్తుంది. BC వక్ర రేఖ క్రింద నున్న వైశాల్యము వాయువు మీద చేయబడిన పనిని ఇచ్చును. (సమ పీడన సంకోచము) మరియు DA వక్ర రేఖ క్రింద నున్న వైశాల్యము (వ్యవస్థ వలన చేయబడిన పని) వ్యవస్థ వలన చేయబడిన మొత్తం పనిని ఇచ్చును.

BC వక్రము క్రింద గల వైశాల్యము = దీర్ఘ చతురస్ర వైశాల్యము $BC12 = 1 \times 4 = -4J$

DA వక్రము క్రింద గల వైశాల్యము $= 1 \times 2 = +2J$

చక్రీయ ప్రక్రియలో చేయబడిన ఫలిత పని

$= -4 + 2 = -2\ J$

సందర్భము (ఆ) లో మూయబడిన వక్రము మార్గము దిశ సవ్యదిశలో ఉన్నది. కావున చేయబడిన ఫలిత పని ధనాత్మకము అగును. దీని నుండి వ్యవస్థ మీద చేయబడిన పని వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని కంటే తక్కువ అని తెలియచున్నది తెలిసికొనవచ్చును. BC వక్ర రేఖ క్రింద నున్న వైశాల్యము వాయువుపై చేయబడిన పనిని ఇచ్చును. (సమపీడన సంకోచము) మరియు AB వక్రము క్రింద వున్న వైశాల్యము వ్యవస్థ వలన చేయబడిన మొత్తము పనిని ఇచ్చును.

AB వక్రము క్రింద నున్న వైశాల్యము = దీర్ఘ చతురస్ర వైశాల్యము + త్రిభుజ వైశాల్యము $= (1\times2) + \frac{1}{2} \times 1\times2 = +3J$

BC వక్రము క్రింద నున్న వైశాల్యము = దీర్ఘ చతురస్ర వైశాల్యము $= 1 \times 2 = -2J$

చక్రీయ వక్రములో చేయబడిన ఫలిత పని = 1J. ఇది ధనాత్మక విలువగును.

సందర్భము (ఇ) లో మూయబడిన వక్ర దిశ అపసవ్య దిశగా ఉన్నది. కావున చేయబడిన ఫలిత పని ఋణాత్మకము. దీని నుండి వ్యవస్థపై చేయబడిన పని వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని కంటె ఎక్కువ. AB వక్రము క్రింద వైశాల్యము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 140 21-01-2023 11:48:34

వాయువుపై చేయబడిన పనిని ఇచ్చును. (సమపీడన సంకోచము) CA వక్రము క్రింద వైశాల్యము (వ్యవస్థ వలన చేయబడిన పని) వ్యవస్థ వలన చేయబడిన మొత్తము పనిని ఇచ్చును.

AB వక్రము క్రింద గల వైశాల్యము = దీర్ఘ చతరస్ర వైశాల్యము $= 4 \times 1 = -4J$

CA వక్రము క్రింద గల వైశాల్యము = దీర్ఘ చతురస్ర వైశాల్యము + త్రిభుజ వైశాల్యం $= (1\times2) + \frac{1}{2} \times 1\times2 = +3J$

చక్రీయ వక్రములో చేయబడిన మొత్తం పని = -1J. ఇది ఋణాత్మకముగా నున్నది.

8.8.7 ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము యొక్క పరిమితులు (Limitations of first law of thermodynamics)

ఉష్ణము మరియు పని ఒకదాని నుండి మరొక్క దానికి మార్పు చెందే గుణమును ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము చక్కగా వివరించుచున్నది. అయితే మార్పు చెందే దిశను గురించి ఈ నియమము వివరించలేదు.

ఉదాహరణకు,

అ. ఏదైన ఒక వేడి వస్తువు మరొక్క చల్లటి వస్తువుతో స్పర్శించినప్పుడు వేడి అనునది ఎల్లప్పుడు వేడి వస్తువు నుండి చల్లటి వస్తువుకు ప్రవహించును. అంతేకాని దానికి వ్యతిరేక దిశలో వేడి ప్రవహించదు. అయితే ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము ప్రకారం ఉష్ణశక్తి అనునది వేడి వస్తువు నుండి చల్లటి వస్తువుకు లేదా చల్లటి వస్తువు నుండి వేడి వస్తువుకు ప్రవహించును. అయితే ప్రకృతిలో ఉష్ణము ఎల్లప్పుడు ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత నుండి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వైపుకు ప్రవహించును.

ఆ. కారుకు బ్రేకులు వేసినప్పుడు ఘర్షణ వలన కారు ఆగును మరియు ఘర్షణకు వ్యతిరేకంగా చేయబడిన పని ఉష్ణముగా మార్చబడుచున్నది. అయితే ఈ ఉష్ణాన్ని తిరిగి కారు యొక్క గతిజశక్తిగా మార్చలేము.

కాబట్టి ప్రకృతిలో జరిగే అన్ని సహజ విషయములను వివరించడానికి ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము సరిపోదు.

8.8.8 ద్విగత ప్రక్రియ (Reversible process)

ఒక ఉష్ణగతిక ప్రక్రియ అనునది అది పనిచేయు మార్గమునకు వ్యతిరేక దిశలో పని చేసినప్పుడు వ్యవస్థ మరియు పరిసరాలు తన యొక్క ప్రారంభ స్థితికి వెళ్ళ కలిగితే అటువంటి ఉష్ణగతి ప్రక్రియను ద్విగత ప్రక్రియగా పరిగణింపవచ్చును.

ఉదాహరణకు: అర్ధస్థైతిక సమ ఉష్ణోగ్రత వాయువు యొక్క వ్యాకోచం, స్ప్రింగ్‌తో మిక్కిలి నెమ్మదిగా జరిగే సంపీడనం మరియు వ్యాకోచం

ద్విగత ప్రక్రియ జరుగుటకైన నిబంధనలు:

1. ఈ ప్రక్రియ అతి మిక్కిలి నెమ్మదిగా జరగవలెను.
2. ప్రక్రియ ప్రారంభమై ముగియునంత వరకు వ్యవస్థ మరియు ఎల్లప్పుడు వాతావరణము యాంత్రిక, ఉష్ణ మరియు రసాయన సమతుల్యతను పొందియుండవలెను.
3. ఘర్షణ బలము, స్నిగ్ధత బలము, విద్యుత్ నిరోధకం లాంటి శక్తిని వ్యర్థము చేయు బలములు ఏది ఉండకూడదు.

గమనిక

అన్ని ద్విగత ప్రక్రియలు అర్ధస్థైతిక ప్రక్రియలగును. అయితే అన్ని అర్ధస్థైతిక ప్రక్రియలు ద్విగత ప్రక్రియలుగా ఉండవలసిన అవసరం లేదు. ఉదాహరణకు మనం ముషలకమును అతి నెమ్మదిగా నొక్కినప్పుడు స్ఫూపము యొక్క గోడకు మరియు ముషలకము మధ్య ఘర్షణ బలము నుండినచో కొంత శక్తి పరిసరములకు కోల్పోవుట జరుగును, అయితే ఈ శక్తిని తిరిగి పొందలేము. కావున ఇది అర్ధస్థైతిక ప్రక్రియగా ఉన్నప్పటికీ ద్విగత ప్రక్రియ కాదు.

అద్విగత ప్రక్రియ (Irreversible process) (అనుత్క్రమణీయ ప్రక్రియ)

అన్ని సహజ ప్రక్రియలు అద్విగత ప్రక్రియలగును. అద్విగత ప్రక్రియలను PV చిత్రపటము ద్వారా గుర్తించలేము. ఎందుకనగా ఈ ప్రక్రియలోని ప్రతి దశలో పీడనము, ఉష్ణోగ్రత మొదలగు వాటికి నిర్ణీత విలువలుండవు.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 141 21-01-2023 11:48:34

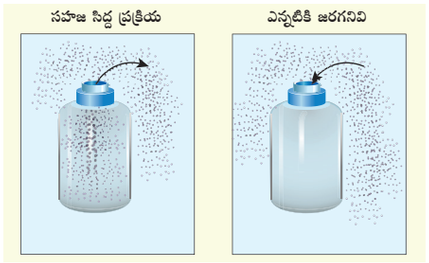
ఒక ఉష్ణగతిక ప్రక్రియలోని శక్తి నిత్యత్వము యొక్క ప్రతిపాదన ఉష్ణగతిక మొదటి నియమము అగును. ఉదాహరణకు ఒక వేడి వస్తువును చల్లటి వస్తువు మీద ఉంచినపుడు ఉష్ణము వేడి వస్తువు నుండి చల్లటి వస్తువుకు ప్రవహించును. ఎందుకనగా ఉష్ణము చల్లటి వస్తువు నుండి వేడి వస్తువుకు ప్రవహించినప్పటికి ఉష్ణగతిక మొదటి నియమము ఉల్లంఘించబడదు. ఉదాహరణకు 5 J ఉష్ణశక్తి వేడి వస్తువు నుండి వేడి వస్తువుకు ప్రవహించిన, ఉమ్మడి వ్యవస్థల మొత్తం అంతర్గత శక్తి మారదు. అయితే 5 J ఉష్ణము చల్లటి వస్తువు నుండి వేడి వస్తువుకు ఎప్పుడును ప్రవహించదు. ప్రకృతిలో ఇలాంటి ప్రక్రియలు కేవలం ఒకే దిశలో మాత్రమే జరుగును. అయితే వ్యతిరేక దిశలో జరగవు. ఈ ప్రక్రియలు ఏ దిశలో జరిగినప్పటికి వ్యవస్థ యొక్క మొత్తం శక్తి నిత్యత్వముగా నుండును (మార్పు చెందదు) ఉష్ణగతిక మొదటి నియమము ఈ అద్విగత ప్రక్రియను వివరించలేదు. 18 వ శతాబ్దములో నున్న శాస్త్రవేత్తలు అద్విగత ప్రక్రియను వివరించడానికి ప్రయత్నించినపుడు, ఒక నూతన ప్రకృతి నియమమును కనుగొన్నారు. దీనినే ఉష్ణగతిక రెండవ నియమము అని అంటారు. ఈ ఉష్ణగతిక రెండవ నియమము ప్రకారం "ఉష్ణము ఎల్లప్పుడు వేడి వస్తువు నుండి చల్లటి వస్తువుకు తనకుతానుగా ప్రవహించును". దీనిని ఉష్ణగతిక రెండవ నియమము యొక్క క్లాసియస్ నియమము అందురు.

ఉదాహరణ 8.23

అద్విగత ప్రక్రియలకు కొన్ని ఉదాహరణములిమ్ము

ప్రకృతిలో జరుగు అన్ని ప్రక్రియలు అద్విగత ప్రక్రియలగును. ఇక్కడ కొన్ని ఆసక్తికరమైన ఉదాహరణములు చూచెదము.

(అ) వాయువుతో నింపబడిన గాజు సీసాను తెరచినప్పుడు వాయు అణువులు నెమ్మదిగా గది మొత్తమునకు వ్యాపించుచున్నది. ఈ వాయు అణువులు ఎప్పటికి తిరిగి సీసాలోనికి రావు.



(ఆ) అక్కడ ఒక సిరా (ink) బిందువు నీటిలో వదిలినప్పుడు ఈ సిరా బిందువు నెమ్మదిగా నీటిలో వ్యాపిస్తుంది మరియు ఈ సిరా బిందువును తిరిగి పొందడం అసాధ్యం.

(ఇ) కొంత ఎత్తైన స్థలము నుండి క్రిందికి వస్తువు పడి భూమిని తాకగానే నిశ్చల స్థితికి వచ్చును. వస్తువు యొక్క మొత్తం గతిజశక్తి భూమి ఉపరితలముపైన ఉన్న అణువుల గతిజశక్తిగాను, వస్తువులోని అణువుల గతిజ శక్తిగాను మారుతుంది మరియు కొంత భాగము ధ్వని శక్తిగాను మారుతుంది. అణువులకు వ్యాపించిన గతిజశక్తిని మనం ఎప్పటికీ తిరిగి పొందలేము మరియయు వస్తువు తనకు తానుగా ఎప్పటికి పైకి వెళ్ళలేదు.

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము ప్రకారము పైన వివరించిన అన్ని ప్రక్రియలూ రెండు దిశలలోను సంభవిస్తాయి. కానీ ఉష్ణగతి శాస్త్ర రెండో నియమము, ఈ ప్రక్రియలను వ్యతిరేక దిశలో జరగకుండా ఆపబడుచున్నది. ప్రకృతిలో అతి ముఖ్యమైన నియమములలో ఉష్ణగతిక రెండవ నియమము ఒకటి. ఇది ప్రకృతిలో జరిగే ప్రక్రియలను నియంత్రించును.

8.9 ఉష్ణ యంత్రము (HEAT ENGINE)

ఈ ఆధునిక సాంకేతిక ప్రపంచములో రవాణా వ్యవస్థ యందు ఆటోమొబైల్ యంత్రములు ముఖ్య పాత్ర వహించుచున్నది. మోటర్ బైక్స్ మరియు కార్లలో యంత్రములన్నీ పెట్రోల్ లేక డీసల్ నివేశముగా తీసుకొని మరియు చక్రములను త్రిప్పు పనిని

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 142 21-01-2023 11:48:35

చేస్తుంది. అధికంగా ఆటోమొబైల్ యంత్రాలలో దక్షత (efficiency) అనునది 40% కన్నా ఎక్కువగా నుండదు. యంత్రముల యొక్క దక్షత ప్రాథమిక కట్టుదిట్టాలతో ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమమును తీర్మానించును. కావున ఈ నియమమును అర్థము చేసుకొనుటకు ఉష్ణయంత్రములను గూర్చిన అవగాహన అవసరమగును.

జలాశయం (Reservoir):

మిక్కిలి అధిక ఉష్ణ సామర్థ్యం కలిగిన ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ అని జలాశయమును నిర్వచింపవచ్చును. జలాశయం నుండి ఉష్ణమును వెలువరచిన లేదా జలాశయమునకు ఉష్ణమును కలిగించిన జలాశయంలో ఉష్ణోగ్రత మారదు.

ఉదాహరణము: ఒక గ్లాసు వేడి నీటిని సరస్సులో పోసిన, సరస్సు యొక్క ఉష్ణోగ్రత మారదు. ఇచ్చట సరస్సు ఒక జలాశయముగా పరిగణింపబడును.

ఒక కప్పు వేడి కాఫీని బయటి వాతావరణములో ఉంచినపుడు అది వాతావరణముతో సమతాస్థితిని పొందును. అయితే వాతావరణములోని ఉష్ణోగ్రతలో ఎలాంటి మార్పు సంభవించుట లేదు. కావున ఇచ్చట వాతావరణమును ఒక జలాశయముగా పరిగణిద్దాం.

ఉష్ణ యంత్రమును క్రింది విధముగా నిర్వచింపవచ్చును.

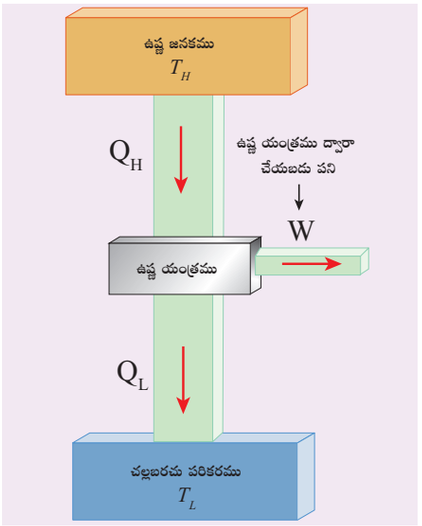
ఉష్ణమును నివేశముగా తీసుకొని ఒక చక్రీయ ప్రక్రియలో జరుగుట ద్వారా ఆ ఉష్ణమును పనిగా మార్చు ఒక పరికరమే ఉష్ణయంత్రమగును.

ఒక ఉష్ణయంత్రము నందు మూడు భాగములుండును.

(అ) ఉష్ణ జనకము (Hot reservoir)
(ఆ) పనిచేయు పదార్థం (Working substance)
(ఇ) చల్లబరచు పరికరము (Cold reservoir)

ఉష్ణయంత్రమునకు ఊహాత్మక చిత్రము క్రింది పటము 8.42 లో చూపబడినది.

1. ఉష్ణ జనకము: ఇది యంత్రమునకు ఉష్ణమును జనింపజేయును. దీనిని ఎల్లప్పుడూ అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద T_H ఉంచవలెను.
2. పనిచేయు పదార్థము : ఇందులో నీరు లేక వాయువు పనిచేయు పదార్థముగా ఉండును,



పటము 8.42 ఉష్ణ యంత్రము

ఇది కలుగజేయు ఉష్ణాన్ని పనిగా మార్చును. ఉష్ణ యంత్రమునకు సాధారణ ఉదాహరణముగా ఆవిరి యంత్రమును చెప్పవచ్చును. ప్రాచీన కాలమున రైలును నడపుటకు ఆవిరి యంత్రము ఉపయోగింపబడెను. ఇక్కడ నీరు పనిచేయు పదార్థమగును. నీరు మండుచున్న బొగ్గు నుండి ఉష్ణమును గ్రహించుకొనును. ఆ ఉష్ణము నీటిని ఆవిరిగా మార్చును. ఈ నీటి ఆవిరి రైలు చక్రమును త్రిప్పి రైలు బండిని కదిలించును.

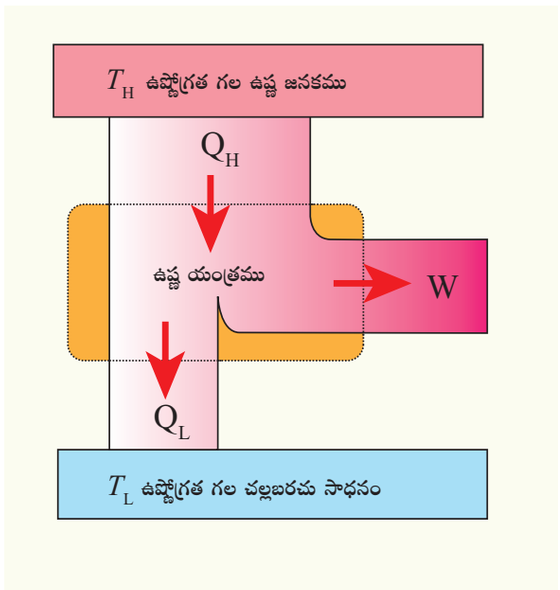
3. చల్లబరచు సాధనము లేక సింక్: ఉష్ణయంత్రము పని చేసిన తరువాత కొంత ఉష్ణమును (Q_L) బయటకు వెలువరచి చల్లబరచు సాధనము (సింక్) నకు ఇచ్చును. దీనిని ఎల్లప్పుడూ తక్కువ ఉష్ణోగ్రత T_L వద్ద ఉంచవలెను.

ఉదాహరణమునకు ఆటోమొబైల్ యంత్రములలో గది ఉష్ణోగ్రతలో ఉన్న వాతావరణమే సింక్‌గా పనిచేయును. ఆటోమొబైల్ యంత్రములు సైలెన్సర్ ద్వారా వేడిని పరిసరాలకు విడుదల చేస్తుంది. ఉష్ణ యంత్రము చక్రీయ ప్రక్రియలో పనిచేయును. చక్రీయ ప్రక్రియ తరువాత ఉష్ణయంత్రము ప్రారంభ స్థితికి చేరును. ఉష్ణము మొదలైన తరువాత ఉష్ణ యంత్రము తిరిగి ప్రారంభ స్థితికి వచ్చి చేరును. ఉష్ణయంత్రములోని అంతర్గత శక్తిలోని మార్పు శూన్యము.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 143 21-01-2023 11:48:35

ఉష్ణ యంత్రము యొక్క దక్షత అనునది ఒక చక్రీయ ప్రక్రియలోని చేయబడిన పని (నిర్గమన) కి మరియు శోషింపబడిన ఉష్ణము (నివేశము) నకు మధ్య గల నిష్పత్తి అగును.

పనిచేయు పదార్థము ఉష్ణ జనకము నుండి Q_H ప్రమాణములో ఉష్ణమును శోషించి Q_L ప్రమాణము గల పనిచేసిన తరువాత W ప్రమాణముల ఉష్ణమును వెలువరించు ప్రక్రియను క్రింది పటము (8.43) లో చూపబడినది.



పటము 8.43 ఉష్ణ యంత్రము

కావున నివేశ ఉష్ణము = చేయబడిన పని + వదలి వేయబడిన ఉష్ణము

$$Q_H = W + Q_L$$
$$W = Q_H - Q_L$$

అయిన ఉష్ణ యంత్రము యొక్క దక్షిత

$$\eta = \frac{\text{నిర్గమణము}}{\text{నివేశము}} = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$
$$\eta = \frac{\text{నిర్గమణము}}{\text{నివేశము}} = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \quad (8.55)$$

ఇచ్చట గమనించిన Q_H, Q_L మరియు W అనునవి ధనాత్మకముగా ఉన్నవని గమనింపవలయును. ఈ సంకేత పద్ధతినే ఇచ్చట మనము అనుసరిస్తున్నాము.

ఇచ్చట $Q_L < Q_H$, కావున దక్షత (η) ఎల్లప్పుడూ ఒకటి కన్నా తక్కువగా నుండును. శోషించబడిన ఉష్ణమంతయూ పనికి పూర్తిగా మార్చబడలేదని గమనింపవలెను. ఉష్ణము మొత్తమూ పూర్తి పనిగా మారుటకు కొన్ని ప్రాథమిక నిబంధనలు ఇవ్వబడినది. వీటిని ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమము తెల్పును. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమము యొక్క ఉష్ణయంత్ర ప్రతిపాదనను క్రింది విధముగా నిర్వచింపవచ్చును. ఈ ప్రతిపాదననే కెల్విన్ – ప్లాంక్ ప్రతిపాదన అని అందురు.

కెల్విన్ – ప్లాంక్ ప్రతిపాదన:
చక్రీయ ఉష్ణ ప్రక్రియలో శోషించబడిన పూర్తి ఉష్ణాన్ని పనిగా మార్చే ఎటువంటి ఉష్ణ యంత్రమును నిర్మించుటకు వీలుకాదు. ఈ ప్రతిపాదన నుండి, 100% దక్షత కలిగిన ఏ ఒక్క ఉష్ణ యంత్రము ఈ విశ్వములో ఇప్పటివరకూ కాలేదు అను విషయము మనము గమనింపవచ్చును.

గమనిక
ఉష్ణగతిక శాస్త్ర నియమము ప్రకారం సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలలో ఇవ్వబడిన మొత్తము ఉష్ణము పనిగా మార్చబడుతుంది ($Q = W$) ఇది ఉష్ణగతిక రెండవ నియమమును ఉల్లంగించునా? కాదు, ఒక అచక్రీయ ప్రక్రియ కలిగిన సమ ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచముతో మాత్రమే మొత్తము ఉష్ణము పనిగా మార్చబడుతుంది. అయిన ఉష్ణ గతిక రెండవ నియమము ప్రకారం చక్రీయ ప్రక్రియలో కొంత భాగం ఉష్ణాన్ని మాత్రము శోషణం చేసుకొని పనిగా మార్పుచెందును. కావున అన్ని ఉష్ణ యంత్రములు చక్రీయ ప్రక్రియలో పనిచేయుట వలన ఇవ్వబడిన మొత్తం ఉష్ణము పనిగా మార్పు చెందదు.

ఉదాహరణ 8.24

ఒక ఉష్ణయంత్రము చక్రీయ ప్రక్రియ జరుగు సమయంలో 500 J ఉష్ణమును ఉష్ణ జనకము నుండి శోషణము చేసుకొని కొంత పని చేసి తర్వాత 300 J ఉష్ణమును పరిసరాలకు (సింక్‌నకు) ఇవ్వబడింది. అయిన ఉష్ణయంత్రము యొక్క దక్షతను కనుగొనుము?

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 144 21-01-2023 11:48:36

సాధన

ఉష్ణ యంత్రము యొక్క దక్షత

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{300}{500} = 1 - \frac{3}{5}$$

$$\eta = 1 - 0.6 = 0.4$$

ఉష్ణ యంత్రము 40% దక్షతను కల్గియున్నది. దీని నుండి ఉష్ణయంత్రము యివ్వబడిన ఉష్ణములో 40% మాత్రమే పనిగా మార్చబడినది అని తెలియుచున్నది.

8.9.1 కార్నట్ ఆదర్శ ఉష్ణ యంత్రము (Carnot's ideal heat engine)

ఒక ఉష్ణ యంత్రము యొక్క దక్షత 100% ఉండదని ముందు భాగములో నేర్చుకున్నాము. ఒక వేళ ఉన్న యెడల ఉష్ణ యంత్రము యొక్క గరిష్ఠ దక్షత ఎంత? 1824 వ సంవత్సరములో యువ ఫ్రెంచ్ ఇంజనీయర్ సాడీ కార్నట్, ఉష్ణ జనకము మరియు సింక్ మధ్య చక్రీయ ప్రక్రియ జరుగుననియూ, ఒక నిర్ధిష్ట ద్విగత యంత్రము గరిష్ఠ దక్షతను కలిగియుండునని నిరూపించెను. ఈ యంత్రమునే 'కార్నట్ యంత్రము' అని పిలుస్తారు.

రెండు ఉష్ణోగ్రతల మధ్య చక్రీయ ప్రక్రియగా పనిచేయు ఒక ద్విగత ఉష్ణ యంత్రమే కార్నట్ యంత్రమగును.

కార్నట్ యంత్రము నాలుగు ముఖ్య భాగములను కలిగియున్నది. అవి ఏవనగా

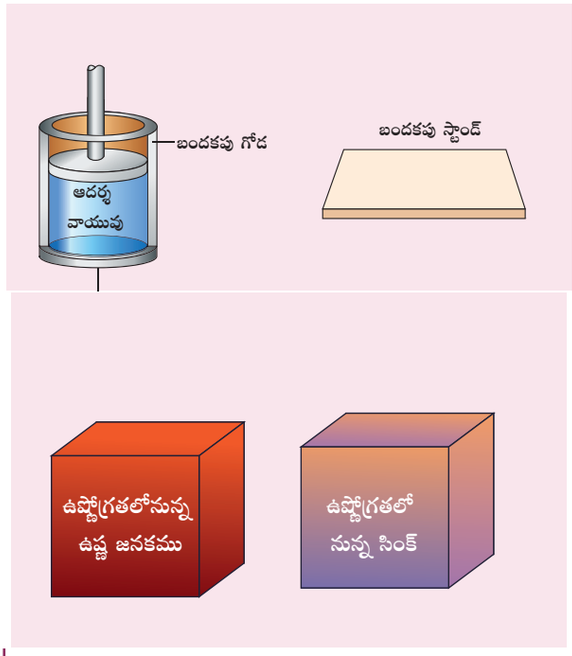
i. ఉష్ణ జనకము: ఇది స్థిరమైన అధిక ఉష్ణోగ్రత T_H కలిగియున్న ఉష్ణమునకు మూలము. దీని నుండి ఉష్ణోగ్రతను మార్చకుండా ఎంత ఉష్ణమునైనను పొందవచ్చును.

ii. సింక్ (Sink): ఇది స్థిరమైన తక్కువ ఉష్ణోగ్రత T_L వద్ద నున్న చల్లటి వస్తువు ఇది ఎంత ఉష్ణమునైనను శోషణము చేసుకొనును.

iii. బంధక స్టాండు (Insulating stand): ఇది పూర్తిగా బంధక పదార్థముతో తయారు చేయబడినది. ఈ స్టాండ్ ద్వారా ఉష్ణము ప్రవహించదు.

iv. పనిచేయు పదార్థము: పూర్తిగా ఉష్ణ వాహకతలేని (బంధకము) గోడలు మరియు పూర్తిగా ఉష్ణ వాహకత గల దిగువ భాగము కలిగిన స్థూపములో నింపబడిన ఆదర్శ వాయువు అగును. ఇందులో ఒక ఉష్ణ బంధకము మరియు ఘర్షణ లేని ముషలకమును అమర్చబడి ఉన్నది.

ఈ నాలుగు భాగములను క్రింది పటము 8.44 లో చూపబడినది.



పటము 8.44 కార్నట్ యంత్రము

కార్నట్ చక్రము (Carnot's cycle):

కార్నట్ చక్రములో పని చేయు పదార్థము వరుసగా నాలుగు ద్విగత ప్రక్రియలను చక్రీయ పద్ధతిలో జరుపుచున్నది.

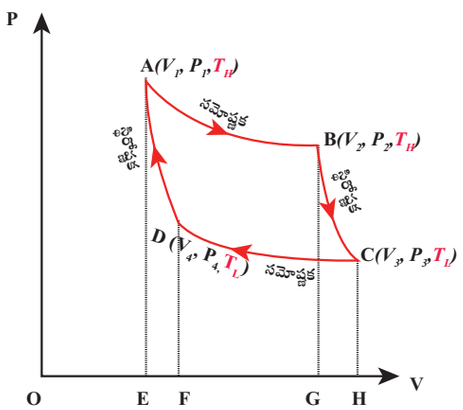
పనిచేయు పదార్థము యొక్క ప్రారంభ పీడనము, ఘనపరిమాణము వరుసగా P_1, V_1 అని అనుకొనుము.

సంఘటన A ⟶ B: అర్ధస్థితిక సమ ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచం (P_1, V_1, T_H) నుండి (P_2, V_2, T_H)

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 145 21-01-2023 11:48:37

వరకు స్థూపము ఉష్ణజనకము మీద ఉంచబడుతుంది. ఉష్ణము (Q_H) ఉష్ణ జనకము నుండి స్థూపము యొక్క దిగువ భాగము ద్వారా పనిచేయు పదార్థమునకు (ఆదర్శ వాయువుకు) ప్రవహించును. ఈ ప్రక్రియ ఒక సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ అగును. కాబట్టి పనిచేయు పదార్థము యొక్క అంతర్గత శక్తి (internal energy) ఎప్పటికినీ మారదు. నివేశ ఉష్ణము వలన వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము అధికమగును. ముషలకమును చాలా నెమ్మదిగా పైకి తీయుటకు అనుమతించాలి. (అర్ధస్థితిక) ఇది పటము 8.47 (అ) లో చూపబడినది.

వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము V_1 నుండి V_2 వ్యాకోచించినప్పుడు దాని పీడనము P_1 నుండి P_2 కు తగ్గును. అప్పుడు వాయువు ద్వారా చేయబడిన పని W_1 అనుకొనుము. ఇది P-V చిత్రపటము నందు AB మార్గము ద్వారా పటము 8.45 లో చూపబడినది.



పటము 8.45 కార్నట్ చక్రమునకు PV చిత్ర పటము

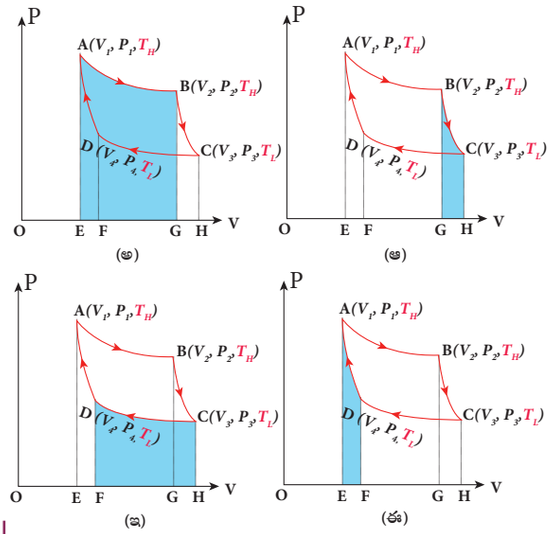
వాయువు ద్వారా చేయబడిన పని (పని చేయు పదార్థము)

$$\therefore Q_H = W_{A\to B} = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

ఈ ప్రక్రియ అర్ధస్థితిక ప్రక్రియగా నుండుట వలన, ఆదర్శ వాయువు తుది స్థితికి చేరునంత వరకు ఉష్ణ జనకముతో సమతాస్థితిలో నుండును. సమ ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచములో చేయబడిన పని, సమీకరణము 8.34 లో చూపబడినది.

$W_{A\to B} = \mu RT_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ = AB వక్ర రేఖ క్రింద నున్న వైశాల్యము (8.56)

దీనిని పటము 8.46 (అ) లో చూపబడినది



పటము 8.46 కార్నట్ చక్రములో చేయబడిన పని

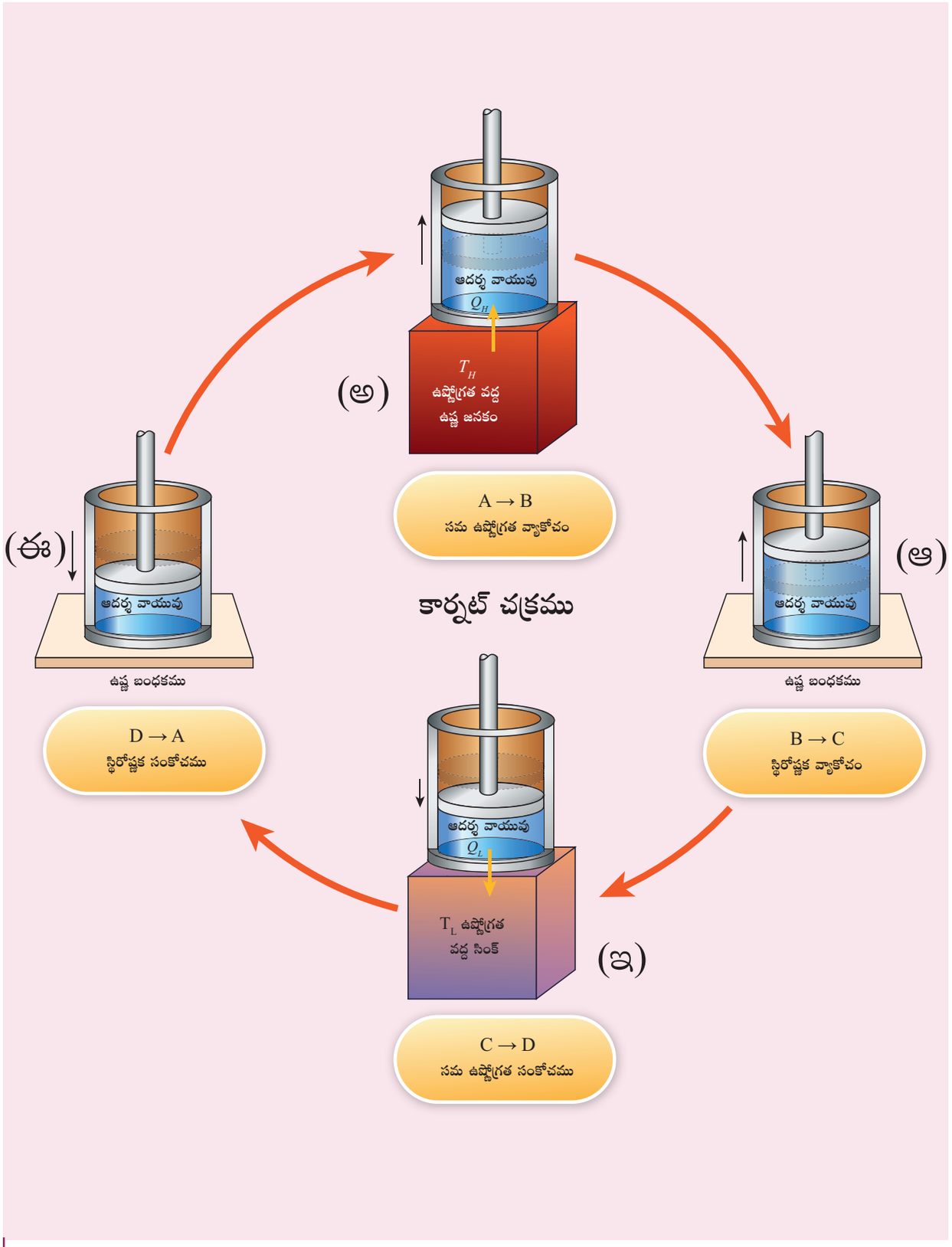
సంఘటన $B \to C$ అర్ధస్థితిక స్థిరోష్ణక వ్యాకోచం (P_2, V_2, T_H) నుండి (P_3, V_3, T_L) వరకు:

స్థూపము ఉష్ణ బంధక స్టాండు మీద ఉంచబడినది మరియు ముషలకమును పైకి కదులుటకు అనుమతించబడినది. వాయువు స్థిరోష్ణకముగా వ్యాకోచించినప్పుడు దాని ఘనపరిమాణము V_2 నుండి V_3 కి అధికమగును, పీడనము P_2 నుండి P_3 కు తగ్గును. ఉష్ణోగ్రత T_L కు చేరును. PV చిత్ర పటములో ఈ స్థిరోష్ణక వ్యాకోచము BC వక్రరేఖ ద్వారా చూపబడినది. ఈ స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ అర్ధస్థితిక ప్రక్రియగా జరిగినందు వలన ఆదర్శ వాయువు ఈ ప్రక్రియ పూర్తిగా సమతాస్థితిలో నుండును మరియు దీనిని ఒక ద్విగత ప్రక్రియ అని చెప్పవచ్చును. ఇది పటము 8.47 (ఆ) లో చూపబడినది. సమీకరణము (8.42) నుండి.

స్థిరోష్ణక వ్యాకోచములో వాయువు ద్వారా చేయబడిన పని

$W_{B\to C} = \int_{V_2}^{V_3} PdV = \frac{\mu R}{\gamma - 1}\left[T_H - T_L\right]$ = BC వక్ర రేఖ క్రింద నున్న వైశాల్యము (8.57)

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 146 21-01-2023 11:48:38



పటము 8.47 కార్నట్ చక్రము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 147 21-01-2023 11:48:39

ఇది పటము 8.46 (ఆ) లో చూపబడినది.

సంఘటన C→D అర్ధస్థితిక సమ ఉష్ణోగ్రత సంపీడనం (P_3,V_3,T_L) నుండి (P_4,V_4,T_L): ఇది పటము 8.47(ఇ) లో చూపబడినది.

స్థూపము సింక్ మీద ఉంచబడినది మరియు వాయువు యొక్క పీడనం P_4 మరియు ఘనపరిమాణం V_4 వచ్చు వరకు, వాయువు సమ ఉష్ణోగ్రత సంపీడనమునకు లోబడి వున్నది. దీనిని PV చిత్ర పటములో *CD* వక్రరేఖ ద్వారా గుర్తించబడినది ఇది పటము 8.45 లో చూపబడినది.

ఉష్ణగతి శాస్త్రం మొదటి నియమము ప్రకారం వాయువు మీద చేయబడిన పని $W_{C\to D}$ అనుకొనుము.

$$Q_L = W_{C\to D} = \int_{V_3}^{V_4} PdV = \mu RT_L \ln\left(V_4/V_3\right) = -\mu RT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)$$

= – CD వక్ర రేఖ క్రింద నున్న వైశాల్యము (8.58)

ఇది పటము 8.46(ఇ) లో చూపబడినది. ఇక్కడ V_3 అనునది V_4 కన్నా అధికము. కావున చేయబడిన పని ఋణాత్మకముగా నున్నది. దీని నుండి వాయువుపై పని చేయబడినది అని తెలుసుకొనవచ్చును.

సంఘటన D→A అర్ధస్థితిక స్థిరోష్ణక సంపీడనము (P_4,V_4,T_L) నుండి (P_1,V_1,T_H) వరకు: ఇది పటము 8.47(ఈ) లో చూపబడినది

స్థూపమును ఉష్ణబంధక స్టాండ్ మీద మరల ఉంచబడినది మరియు వాయువు తన ప్రారంభ స్థితిలో నున్న పీడనం P_1 ఘనపరిమాణము V_1 మరియు ఉష్ణోగ్రత T_H ను పొందు నంత వరకు వాయువు స్థిరోష్ణక సంపీడనమునకు లోబడును. ఇది PV చిత్ర పటములో *DA* వక్ర రేఖ ద్వారా చూపబడినది.

$$\therefore W_{D\to A} = \int_{V_4}^{V_1} PdV = -\frac{\mu R}{\gamma - 1}\left[T_H - T_L\right] =$$

–DA వక్ర రేఖ క్రింద నున్న వైశాల్యము (8.59)

ఈ స్థిరోష్ణక సంపీడనములో వాయువు మీద చేయబడిన పని ఋణాత్మకము. ఇది పటము 8.46 (ఈ) లో చూపబడినది.

పని చేయు పదార్థము మీద ఒక పూర్తి చక్రములో చేయబడిన ఫలిత పని 'W' అనుకొనుము.

'W' వాయువు ద్వారా చేయబడిన పని – వాయువు మీద చేయబడిన పని

$$= W_{A\to B} + W_{B\to C} + W_{C\to D} + W_{D\to A}$$

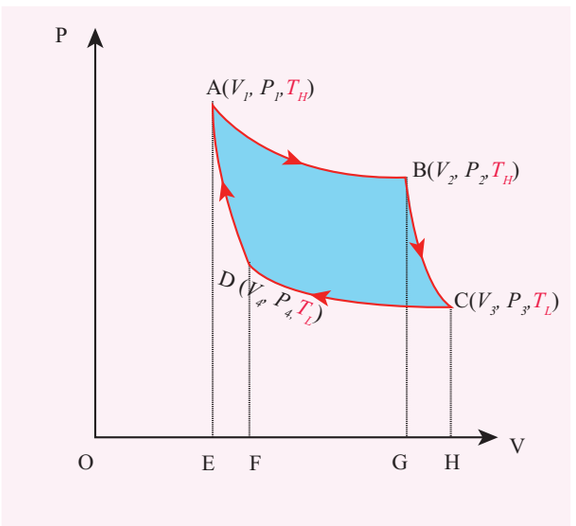
ఇక్కడ $W_{D\to A} = -W_{B\to C}$

$$= W_{A\to B} + W_{C\to D}$$

ఒక పూర్తి చక్రమునకు కార్నట్ యంత్రము ద్వారా చేయబడిన ఫలిత పని

$$W = |W|_{A\to B} - |W|_{C\to D} \qquad (8.60)$$

ఒక పూర్తి చక్రమునకు పని చేయు పదార్థము ద్వారా చేయబడిన ఫలిత పని, PV చిత్రపటము (8.48) లో నున్న ABCD అను మూయబడిన వక్ర రేఖలో ఛాయ చేయబడిన వైశాల్యమునకు సమానమగును. ఇది సమీకరణము 8.60 లో చూపబడినది. ఇది పటము (8.48) లో చూపబడినది.



పటము 8.48 కార్నట్ చక్రములో చేయబడిన ఫలిత పని

అతి ముఖ్యముగా గమనింపవలసినది ఏమనగా ఒక పూర్తి చక్రము తరువాత పని చేయు పదార్థము తన యొక్క ప్రారంభ ఉష్ణోగ్రత T_H వరకు వచ్చి చేరును. దీని నుండి, ఒక పూర్తి చక్రము తరువాత పని చేయు పదార్థము యొక్క అంతర్గత శక్తిలోని మార్పు శూన్యము అగును.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 148 21-01-2023 11:48:40

8.9.2 కార్నట్ యంత్రము యొక్క దక్షత (Efficiency of a Carnot engine)

పనిచేయు పదార్థము ఒక వలయములో చేసే పనికి మరియు జనకము నుండి గ్రహించబడిన ఉష్ణ పరిమాణమునకు మధ్యగల నిష్పత్తిని దక్షత అని అందురు.

$$\eta = \frac{\text{చేయబడిన పని}}{\text{పొందబడిన ఉష్ణము}} = \frac{W}{Q_H} \qquad (8.61)$$

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము నుండి $W = Q_H - Q_L$

$$\therefore \eta = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \qquad (8.62)$$

సమ ఉష్ణోగ్రత నిబంధనలను ఉపయోగించి, మనము పొందునది

$$Q_H = \mu R T_H \ln\left(V_2/V_1\right)$$
$$Q_L = \mu R T_L \ln\left(V_3/V_4\right) \qquad (8.63)$$

ఇక్కడ (Q_L) ఋణాత్మక గుర్తును వదలి వేయవచ్చును. అందువలన సింక్ నుండి వెలువడిన ఉష్ణము Q_L పరిమాణమునకు మాత్రమే ముఖ్యత్వము ఇవ్వబడుతుంది.

$$\therefore \frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L \ln\left(V_3/V_4\right)}{T_H \ln\left(V_2/V_1\right)} \qquad (8.64)$$

స్థిరోష్ణక నిబంధనలను ఉపయోగించి, మనము పొందునది

$$T_H V_2^{\gamma-1} = T_L V_3^{\gamma-1}$$
$$T_H V_1^{\gamma-1} = T_L V_4^{\gamma-1}$$

పై రెండు సమీకరణములను భాగించిన మనము పొందునది

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

అదేమనగా $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$ (8.65)

సమీకరణము (8.65) ను (8.64) లో ప్రతిక్షేపించిన మనము పొందునది

$$\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H} \qquad (8.66)$$

$$\therefore \text{దక్షత } \eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \qquad (8.67)$$

గమనిక: T_L మరియు T_H ఉష్ణోగ్రతలు కెల్విన్ స్కేలుతో మాత్రమే చూపుతారు.

ముఖ్య ఫలితాలు:

1. η ఎల్లప్పుడు 1 కంటె తక్కువగా నుండును. ఎందుకనగా T_L అనునది T_H కంటె తక్కువ. దీనినుండి మనము తెలుసుకోవలసినది దక్షత ఎల్లప్పుడు 100% గా నుండదు. $T_L = 0K$ (శూన్యపరమోష్ణగ్రత) లో నున్నప్పుడు మాత్రమే దక్షత 1 లేక 100% నుండును. ఇది ఆచరణాత్మకంగా సాధ్యము కాదు.
2. కార్నట్ యంత్రము యొక్క దక్షత పని చేయు పదార్థము మీద ఆధారపడదు. ఉష్ణ జనకము మరియు సింక్ ఉష్ణోగ్రతల మీద మాత్రమే ఇది ఆధారపడును. ఈ రెండింటి ఉష్ణోగ్రతల వ్యత్యాసము అధికమైతే, దక్షత గరిష్ఠంగా ఉంటుంది.
3. $T_H = T_L$ అయినప్పుడు దక్షత $\eta = 0$ కావున ఉష్ణ జనకము మరియు సింక్ ఉష్ణోగ్రతలు ఒకే విలువగా నున్నప్పుడు ఏ ఒక్క యంత్రము పనిచేయదు.
4. కార్నట్ యంత్ర చక్రములో అన్ని ప్రక్రియలు ద్విగత ప్రక్రియలగును. కావున కార్నట్ యంత్రము ఒక ద్విగత ఉష్ణ యంత్రమగును మరియు గరిష్ఠ దక్షత కలిగియుండును. అయినప్పటికి ఆచరణలోనున్న డీసల్ యంత్రము, పెట్రోల్ యంత్రము మరియు నీటి ఆవిరి యంత్రములు చక్రీయ ప్రక్రియలో పనిచేస్తుంది. అయినప్పటికీ అవి ఖచ్చితమైన ద్విగత ఉష్ణ యంత్రములు కావు. కావున వీటి దక్షత ఎల్లప్పుడు కార్నట్ దక్షత కన్నా తక్కువగా నుండును. దీనిని కార్నట్ సిద్ధాంతము ద్వారా నిర్వచింపవచ్చును.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 149 21-01-2023 11:48:42

ఉదాహరణ 8.25

(అ) 250°C ఉష్ణోగ్రతలో యుండు ఒక ఆవిరి యంత్రమునకు ఉపయోగించి నీరును నీటి ఆవిరిగా మార్చబడుచున్నది. నీటి ఆవిరి ద్వారా చేయబడిన పని పరిసరమునకు 300K ఉష్ణోగ్రత ఉష్ణము వెలువరిస్తుంది. అయిన ఆవిరి యంత్రము యొక్క గరిష్ఠ దక్షతను లెక్కించుము.

సాధన

ఆవిరి యంత్రము కార్నట్ (Carnot) యంత్రము కాదు. ఎందుకంటే ఆవిరి యంత్రములో చేయు అన్ని చక్రీయ ప్రక్రియలు పూర్తిగా ద్విగత ప్రక్రియలు (reversible) కావు. అయితే ఆవిరి యంత్రమును కార్నట్ యంత్రముగా భావించి, దాని గరిష్ఠ దక్షతను లెక్కించగలము.

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300\,K}{523\,K} = 0.43$$

ఆవిరి యంత్రము గరిష్ఠంగా 43% దక్షతను కలిగియుంటుంది. ఈ ఆవిరి యంత్రములో అందించిన ఉష్ణములో 43% మాత్రమే ఉపయోగకరమైన పనిగా మార్చవచ్చును. మిగిలిన 57% ఉష్ణాన్ని బయటికి వెలువరచుచున్నది. వాడుకలో ఆవిరి యంత్రము యొక్క దక్షత 43% కన్నా తక్కువగా నుండును.

ఉదాహరణ 8.26

A మరియు B అను రెండు కార్నట్ యంత్రములు రెండు వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతలలో పని చేయుచున్నది. A అను కార్నట్ యంత్రము యొక్క ఉష్ణ జనకము మరియు సింక్ యొక్క ఉష్ణోగ్రతలు వరుసగా 150°C మరియు 100°C అదే విధంగా B అను కార్నట్ యంత్రమునకు 350°C మరియు 300°C అయిన ఏ యంత్రము తక్కువ దక్షత కలిగియున్నది?

సాధన

A యంత్రము యొక్క దక్షత = $1 - \frac{373}{423} = 0.11$.

యంత్రమునకు 11% దక్షత కలిగియున్నది.

B యంత్రము యొక్క దక్షత = $1 - \frac{573}{623} = 0.08$

B యంత్రము యొక్క దక్షత 8% మాత్రమే కలిగియున్నది.

రెండు యంత్రములలోని ఉష్ణ జనకము మరియు సింక్ యొక్క ఉష్ణోగ్రతల వ్యత్యాసము సమానంగా నున్నప్పటికి వాటి యొక్క దక్షతలు సమానము కావు. ఎందుకనగా దక్షత అనునది రెండు ఉష్ణోగ్రతల యొక్క నిష్పత్తిపై ఆధారపడుతుంది. మరియు ఉష్ణోగ్రతల వ్యత్యాసముపై ఆధారపడదు. కావున యంత్రము తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో పనిచేసిన దాని దక్షత అధికముగా నుండును.

మీకు తెలుసా?

కార్లలో ఉపయోగించే డీసల్ యంత్రములు, మోటార్ బైక్‌లో ఉపయోగించే పెట్రోలు యంత్రములన్నియు వాస్తవ ఉష్ణయంత్రములగును. డీసల్ యంత్రముల యొక్క దక్షత గరిష్ఠముగా 44% మరియు పెట్రోలు యంత్రముల దక్షత గరిష్ఠముగా 30% వరకు ఉండును. కావున ఇవి ఆదర్శ యంత్రములు (కార్నట్ యంత్రము) కావు. ఈ యంత్రములలోని దక్షత రెండవ ఉష్ణగతిక నియమముచే నియంత్రించబడుచున్నది. ఈ రోజుల్లో మనం ఉపయోగించే సాధారణ బైక్స్ ఒక లీటరు పెట్రోలుకు 50 కి.మీ దూరము ప్రయాణిస్తుంది. అనగా 1 లీ పెట్రోల్‌లో 30% పెట్రోల్ మాత్రమే యంత్రము పని చేయుటకు వినియోగింపబడుచున్నది. మిగిలిన 70% పెట్రోల్ ఉష్ణముగా మారి వృధాగా వాతావరణములోనికి వెళ్ళుచున్నదని ఇందు మూలముగా తెలియుచున్నది.

8.9.3 ఎంట్రోపి మరియు ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమము

సమీకరణము 8.66 నుండి $\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_L}{T_L}$ అని తెలుసుకున్నాము. $\frac{Q}{T}$ అను రాశి ఎంట్రోపి అని పిలువబడుచున్నది. ఇది ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థకు అతి ముఖ్యమైన ధర్మమగును. ఇది కూడ ఒక స్థిర చరరాశి యగును. $\frac{Q_H}{T_H}$ అనునది ఉష్ణ జనకము నుండి కార్నట్ యంత్రము పొందిన ఎంట్రోపి అగును. $\frac{Q_L}{T_L}$ అనునది కార్నట్ యంత్రము నుండి సింక్‌నకు వెలువరించిన ఎంట్రోపి అగును. ఒక ద్విగత ప్రక్రియ

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 150 21-01-2023 11:48:43

యంత్రమునకు (కార్నట్ యంత్రము) పై రెండు ఎంట్రోపీలు సమానమగును. కావున ఒక పూర్తి చక్రమునకు కార్నట్ యంత్రము యొక్క ఎంట్రోపిలోని మార్పు శూన్యమగును. ఇది సమీకరణము 8.66 లో నిరూపించబడినది. అన్ని ఆచరణాత్మక యంత్రములైన డీసల్ మరియు పెట్రోల్ యంత్రములు ద్విగత ప్రక్రియ యంత్రములు కావు. అవి $\frac{Q_L}{T_L} > \frac{Q_H}{T_H}$ అను సమీకరణమును తృప్తి పరుచుచున్నది. దీనిని ఆధారము చేసుకొని ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమమును మరొక విధముగా చెప్పవచ్చును.

"ప్రకృతి పరంగా చేయబడు అన్ని ప్రక్రియలు (అద్విగత ప్రక్రియలు) ఎంట్రోపి ఎల్లప్పుడు పెరుగును. ద్విగత ప్రక్రియలో మాత్రమే ఎంట్రోపి విలువ మారదు" సహజ ప్రక్రియలు జరుగు దిశను ఎంట్రోపి నిర్ణయించును.

మనము ఇంతకుముందు అడిగిన ప్రశ్నకు తిరిగి వద్దాం? ఎందుకు ఉష్ణం ఎల్లప్పుడు అధిక ఉష్ణోగ్రత స్థితి నుండి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతకు ప్రవహిస్తుంది? కాని వ్యతిరేక దిశలో ప్రవహించదు? ఎందుకనగా ఉష్ణము వేడి వస్తువు నుండి చల్లటి వస్తువుకు ప్రవహించినప్పుడు ఎంట్రోపి పెరుగును. ఉష్ణము చల్లటి వస్తువు నుండి వేడి వస్తువుకు ప్రవహించినప్పుడు ఎంట్రోపి తగ్గును. ఈ విధంగా ఎంట్రోపి తగ్గడమే ఉష్ణ గతిక శాస్త్ర రెండవ నియమమును ఉల్లంఘించును.

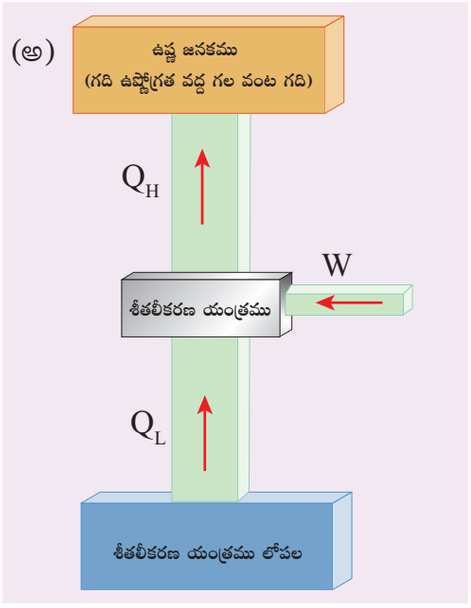
ఎంట్రోపిను ఒక వ్యవస్థలో నుండు క్రమరహిత స్థితి యొక్క కొలమానము అని కూడా పిలువవచ్చును. అన్ని సహజ ప్రక్రియలు జరుగునప్పుడు క్రమరహిత స్థితి ఎల్లప్పుడు అధికమగుచునే యుండును.

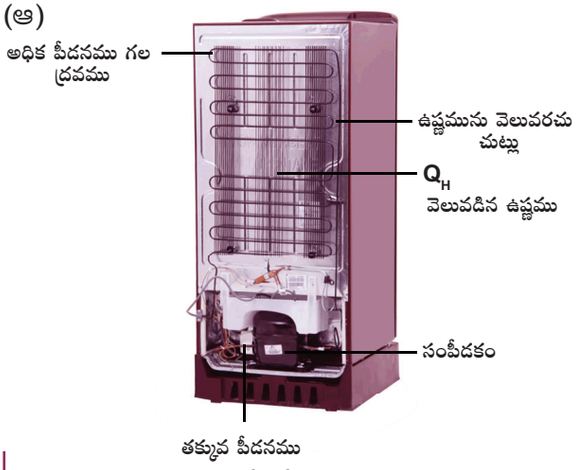
వాయువుతో నింపబడిన ఒక గాజు సీసాను తీసుకొనుము. గాజు సీసాయందు వాయువు ఉన్నంత వరకు దాని క్రమరహిత స్థితి తక్కువగును. ఆ వాయువు గది మొత్తము వ్యాపించబడిన తరువాత దాని క్రమరహిత స్థితి అధికమగును. వేరొక విధముగా చెప్పవలయునన్న వాయువు గాజు సీసాలో ఉండునంత వరకు దాని ఎంట్రోపి తగ్గును. అదే వాయువు గది మొత్తము వ్యాపించిన తరువాత దాని ఎంట్రోపి అధికమగును. వాయువు అణువులు మరలా గాజు సీసాకు వచ్చినచో ఎంట్రోపి తగ్గును. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమము ప్రకారము ఈ ప్రక్రియ సాధ్యము కాదు. ఇదే వివరణ నీటిలో వ్యాపించు సిరా (ink) కు వర్తించును. సిరా నీటిలో వ్యాపించిన వెంటనే దాని ఎంట్రోపి అధికమగును. వ్యాపించిన సిరా యొక్క అణువులు మరలా ఒకటిగా చేరి సిరా బిందువుగా మారదు. అన్ని అద్విగత ప్రక్రియలలో ఎంట్రోపి అధికమగునప్పుడు సహజ ప్రక్రియలు జరుగును.

8.10 శీతలీకరణ యంత్రము (REFRIGERATOR)

వ్యతిరేక దిశలో పనిచేయు కార్నట్ యంత్రమే శీతలీకరణ యంత్రమగును. దీనిని పటము 8.49 లో చూపబడియున్నది.

పనిచేయు తత్త్వము





పటము 8.49 (అ) శీతలీ కరణ యంత్రము యొక్క ఊహాత్మక చిత్ర పటము (ఆ) వాస్తవమైన శీతలీకరణ యంత్రము

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 151 21-01-2023 11:48:44

పనిచేయు పదార్థం (వాయువు) T_L అను తక్కువ ఉష్ణోగ్రత గల చల్లటి వస్తువు నుండి (సింక్) Q_L పరిమాణము గల ఉష్ణాన్ని శోషణము చేసుకొనును. సంపీడకం ద్వారా పదార్థముపై W అనే కొంత పని చేయబడి Q_H పరిమాణము గల ఉష్ణము ఉష్ణ జనకమునకు పనిచేయు పదార్థమును వెలువచును అనగా T_H ఉష్ణోగ్రతను వాతావరణమునకు వెలువరచును. శీతలీకరణ యంత్రమునకు ప్రక్కన నిలబడినపుడు మీరు వేడిగాలి అనుభూతిని పొందగలరు.

ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము నుండి

$$Q_L + W = Q_H \qquad (8.68)$$

దీని ఫలితముగా శీతలీకరణ యంత్రము (refrigerator) మరింత చల్లబడుతుంది. కానీ పరిసరాలు (వంట గది లేదా వాతావరణం) వేడిగా ఉంటాయి.

క్రియాశీల గుణకము
(Coefficient of performance (COP) (β):

శీతలీకరణ యంత్రము యొక్క దక్షత కొలమానమే క్రియాశీల గుణకము (COP) అగును. చల్లటి వస్తువు (సింక్) నుండి పొందిన ఉష్ణమునకు సంపీడకం ద్వారా చేయబడిన బాహ్య పనికి (W) మధ్య గల నిష్పత్తిని క్రియాశీల గుణకము అని నిర్వచింపవచ్చును.

$$\text{COP} = \beta = \frac{Q_L}{W} \qquad (8.69)$$

సమీకరణము (8.68) నుండి

$$\beta = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} \qquad (8.70)$$

అయితే $\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$ అని మనకు తెలుసు

ఈ సమీకరణమును సమీకరణము (8.70) లో ప్రతిక్షేపించిన మనము పొందునది.

$$\beta = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

ఉపాగానాలు:

1. COP అధికముగా వుంటే రిఫ్రిజిరేటర్ మంచి స్థితిలో పనిచేయును. ఒక సాధారణ రిఫ్రిజి రేటర్ 5 నుండి 6 వరకు COP ని కల్గియుండును.
2. రిఫ్రిజిరేటర్ నందు చల్లపరుచు గదిలోనున్న ఉష్ణోగ్రత వాతావరణములోని ఉష్ణోగ్రతకు నున్న వ్యత్యాసము తక్కువ ఉంటే, రిఫ్రిజిరేటర్ నందు COP అధికముగా ఉండును.
3. రిఫ్రిజిరేటర్‌లో బాహ్యముగా పనిచేసి చల్లటి వస్తువు నుండి ఉష్ణమును తీసుకొని వేడి వస్తువుకు ఇవ్వబడుచున్నది. బాహ్యముగా పనిచేయకుండా ఉష్ణశక్తి చల్లటి వస్తువు నుండి వేడి వస్తువుకు ప్రవహించదు. ఇది ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమమును ఉల్లంఘించదు. ఎందుకనగా ఉష్ణము చుట్టూవున్న పరిసరాల గాలికి ఇవ్వబడుచున్నది మరియు మొత్తము ఎంట్రోపి (రిఫ్రిజిరేటర్ + పరిసరాలు) ఎల్లప్పుడు పెరుగుతుంది.

ఉదాహరణ 8.27

రిఫ్రిజిరేటర్ యొక్క COP '3' గా నున్నది. 200 J ఉష్ణమును రిఫ్రిజిరేటర్ నుండి వెలుపలకు పంపించాలంటే ఎంత పని చేయవలెను?

సాధన:

$$\text{COP} = \beta = \frac{Q_L}{W}$$

$$W = \frac{Q_L}{COP} = \frac{200}{3} = 66.67\,J$$

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 152 21-01-2023 11:48:45

హరిత గృహ ప్రభావం (Green House Effect)

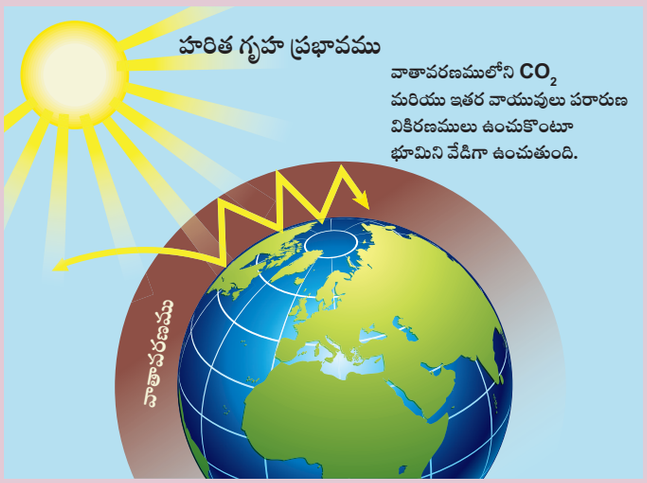
భూమిలో మానవుడు జీవించటానికి భూమి చుట్టునున్న వాతావరణము ఒక ముఖ్య పాత్ర పోషించుచున్నది. వాతావరణంపై భాగం ఉష్ణోగ్రత -19°C మరియు దాని క్రింది భాగం ఉష్ణోగ్రత +14°C లో ఉంటుంది. వాతావరణములోని కొన్ని వాయువుల కారణముగా పై భాగం నుండి క్రింది భాగంలోకి వచ్చినప్పుడు ఉష్ణోగ్రత 33°C పెరుగుతుంది. ఈ వాయువులనే హరిత గృహ వాయువులని అందురు మరియు దీని ప్రభావమును హరిత గృహ ప్రభావమని అందురు.

హరిత గృహములోని ప్రధాన వాయువులు CO_2, నీటి ఆవిరి Ne, He, NO_2, CH_4, Xe, Kr, ఓజోన్ మరియు NH_3 మొదలగునవి. CO_2 మరియు నీటి ఆవిరి తప్ప మిగతావన్నీ వాతావరణములో చాలా తక్కువ మోతాదులో మాత్రమే ఉండును. సూర్యుడి నుండి వచ్చే కిరణములు ప్రధానంగా వర్ణపటం యొక్క దృశ్య ప్రాంతములో (visible region) ఉంటుంది. భూమి ఈ కిరణములను గ్రహించి మరలా పరారుణ కిరణములను వెలువరచును. కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ మరియు నీటి ఆవిరి అనునవి పరారుణ కిరణములను బాగుగా శోషించును. ఎందుకనగా అవి నైట్రోజన్ మరియు ఆక్సిజన్‌తో పోల్చినప్పుడు వాటికి ఎక్కువ కంపన స్వేచ్ఛా చలన అంశములు కలిగియుండును. (యూనిట్ 9 లో చదువుతాము) కాబట్టి పరారుణ కిరణముల శోషణం వలన మాత్రమే భూ మండలమును వేడిగా ఉంచుతుంది. ఈ ప్రక్రియ పటములో చూపబడినది.

1900 సం॥ నుండి మానవుడి కార్యకలాపాల వలన వాతావరణములోని CO_2 మొత్తం 20% నుండి 40% కు పెరిగినది. ప్రధానంగా శిలాజ ఇంధనాలు దహింపబడటం వలన అధిక CO_2 ఉద్గారం అవుతుంది. ప్రపంచమంతట అధికముగా ఆటోమొబైల్స్ యంత్రములు ఉపయోగించటం దీనికి ముఖ్య కారణము. వాతావరణములో అధిక CO_2 నుండుట వలన భూమి యొక్క సరాసరి ఉష్ణోగ్రత 1°C కి పెరుగుతుంది. ఈ ప్రభావమును భూ తాపము (Global Warming) అని అందురు. ఆర్క్‌టిక్ మరియు అంటార్కిటిక్ ప్రాంతములోనున్న మంచు కొండలు కరుగుటకు ఈ భూతాపమే కారణము అగును. అదనంగా CO_2 లోని మూలకాలు ఎక్కువైన మహాసముద్రములోని జలచరాలు జీవించుటకు చాలా అపాయకరమైనది.

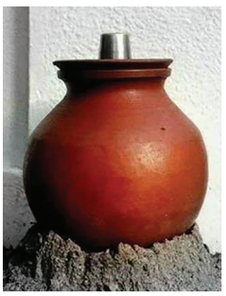
హరిత గృహములో CO_2 తో పాటు మరో ముఖ్యమైన వాయువు క్లోరో ఫ్లోరో కార్బన్ (CFC) ఇది శీతలీకరణ యంత్రములో చల్లపరచు వ్యవస్థగా ప్రపంచమంతట ఉపయోగపడుచున్నది. మానవుల ద్వారా తయారు చేయబడిన హరిత గృహ వాయువులు అవి CO_2 55%, CFC 24%, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్ 6% మరియు మీథేన్ 15% గ ఉండును. CFC వాయువు కూడ ఓజోన్ పొరకు అధిక నష్టం కలిగించుచున్నది.

వివిధ దేశాలలో CFC మరియు CO_2 ఉద్గారణను నియంత్రించడానికి అంతర్జాతీయంగా అనేక ప్రయత్నాలు చేస్తున్నారు. ఆటోమొబైల్ పరిశ్రమలలో శిలాజ ఇంధనములకు బదులుగా శిలాజ ఇంధనము కాని వాటిని వాడుటకు ప్రస్తుతం అనేక పరిశోధనలు జరుగుచున్నవి. అభివృద్ధి చెందిన దేశములైన అమెరికా సంయుక్త రాష్ట్రాలు మరియు ఐరోపా దేశములు నుండి వెలువడిన CO_2 అధికముగానున్నది. 2020 సం॥ లోపు వెలువడు CO_2 వాయువు తగ్గించుటకు ప్రపంచ దేశముల మధ్య పలు రకములైన ఒప్పందములు చేసారు. అయినప్పటికీ భూతాపము ఒకవైపు నష్టము కలిగించే అంశము అని అనేక దేశాలు గుర్తించడం లేదు.



11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 153 21-01-2023 11:48:46

మీకు తెలుసా?



వేసవి కాలములో మనం మట్టి కుండలను చల్లటి నీటిని త్రాగుటకు ఉపయోగిస్తాము. మట్టి కుండ అనునది దానిలో నున్న నీటి యొక్క ఉష్ణోగ్రతను తగ్గించును. మట్టికుండ రిఫ్రిజిరేటర్‌లగా పని చేయునా? కాదు, ఎందుకంటే ఉష్ణయంత్రము లేదా రిఫ్రిజిరేటర్ పనిచేయుటకు చక్రీయ ప్రక్రియ అనునది ప్రాథమిక అవసరము అగును.

కాని మట్టికుండలో జరుగు చల్లపరచు ప్రక్రియ అనునది ఒక చక్రీయ ప్రక్రియ కాదు. మట్టి కుండలో నున్న సూక్ష్మ రంధ్రముల నుండి నీటి అణువులు బాష్పీభవనం వలన లోపలనున్న నీళ్ళు చల్లపరచబడుచున్నది. నీటి అణువులు బాష్పీభవనము అయిన తరువాత, ఎప్పటికి తిరిగి మట్టికుండకు రావు. మట్టి కుండలోని ఉష్ణము చల్లటి నీటి నుండి బాహ్య వాతావరణానికి ప్రవహించినప్పటికీ ఇది ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమమును ఉల్లంఘించదు. ఎందుకనగా మట్టికుండలో నున్న నీటిని బాహ్య ఉష్ణగతిక శాస్త్ర వ్యవస్థ అని ఊహించినప్పటికీ (నీరు + పరిసరము) దీని ఎంట్రోపి ఎల్లప్పుడు అధికమగును.

సారాంశము

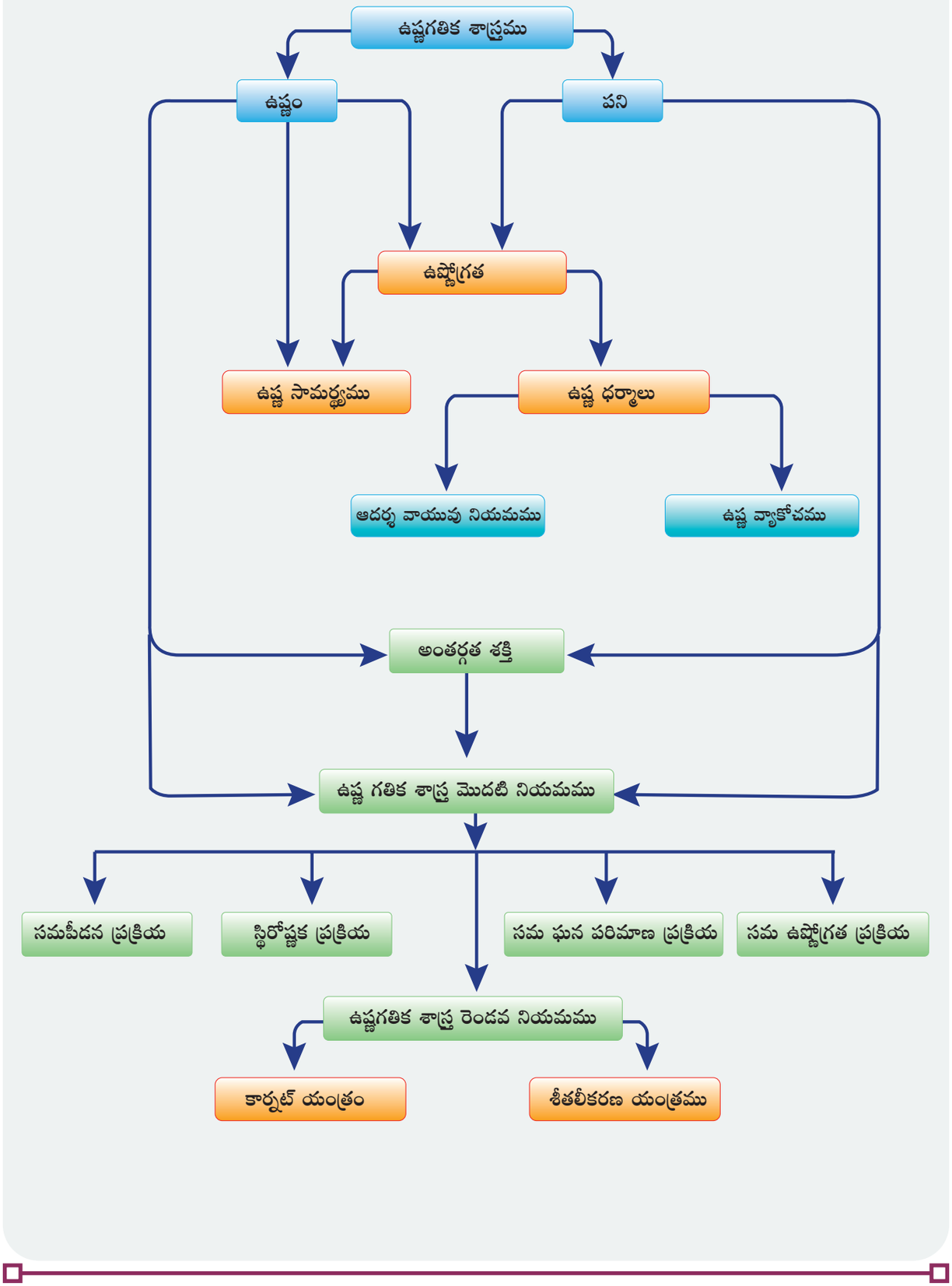
- ఉష్ణము అనునది చల్లటి వస్తువు నుండి వేడి వస్తువుకు ప్రసారం చేయు ఒక రకమైన శక్తి అగును. అయినప్పటికి ఇది ఒక రాశి కాదు.
- ఒక వస్తువు నుండి మరొక వస్తువుకు శక్తిని ప్రసారం చేయు ప్రక్రియనే పని అందురు.
- వస్తువు యొక్క వేడి తీవ్రతను కొలుచుటయే ఉష్ణోగ్రత అగును. ఇది ఉష్ణం ప్రసారం చేయు దిశను సూచించును.
- ఆదర్శ వాయు నియమము $PV = NkT$ లేదా $PV = \mu RT$ అగును. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర సమతాస్థితికి మాత్రమే ఆదర్శ వాయువు నియమము వర్తించును. అసమతుల్య ప్రక్రియలో ఇది వర్తించదు.
- ఒక వస్తువు యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 1°C లేదా 1K కి పెంచడానికి అవసరమైన ఉష్ణశక్తినే ఉష్ణ సామర్థ్యమని అందురు. దీనిని S చే సూచిస్తాము.
- 1 కి.గ్రా ద్రవ్యరాశి కలిగిన వస్తువు యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 1°C లేదా 1K పెంచడానికి అవసరమైన ఉష్ణశక్తిని విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అందురు. దీనిని s తో సూచిస్తాము.
- 1 మోల్ పదార్థము గల వస్తువు యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 1°C లేదా 1K పెంచడానికి అవసరమైన ఉష్ణశక్తిని మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అందురు. దీనిని C తో సూచిస్తారు.
- ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు వలన ఒక వస్తువు ఆకారం, వైశాల్యం మరియు ఘనపరిమాణము మొదలగు వాటిలో ఏర్పడు మార్పును ఉష్ణ వ్యాకోచం అందురు.
- నీరు క్రమరహిత వ్యాకోచ ధర్మాన్ని కలిగియుండును.
- పదార్థము యొక్క స్థితిని మార్పు చేయుటకు అవసరమగు ఉష్ణశక్తిని ఆ వస్తువు యొక్క గుప్తోష్ణ సామర్థ్యము అందురు.
- ఒక ఉష్ణగతిక వ్యవస్థను వేడిచేయు ప్రక్రియలో ఆ వ్యవస్థ (గ్రహించుకొనే) శోషించుకొనే లేదా వెలుపరిచే ఉష్ణ పరిమాణమును కొలిచే పద్ధతికి కెలోరిమితి (Calorimetry) అని పేరు.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 154 21-01-2023 11:48:46

- ఉష్ణమార్పిడి అనునది ఉష్ణవహనము, ఉష్ణసంవహనము, ఉష్ణవికిరణము అను మూడు విధములుగా జరుగును.
- స్టీఫన్ – బోల్ట్జ్‌మన్ నియమము $E = \sigma T^4$ మరియు వీన్స్ నియమము $\lambda_{max} T = b$
- ఉష్ణగతిక సమతాస్థితులు: ఉష్ణ యాంత్రిక మరియు రసాయన సమతాస్థితులు
- ఉష్ణగతిక చరరాశులు: పీడనం, ఉష్ణోగ్రత, ఘనపరిమాణం అంతర్గత శక్తి మరియు ఎంట్రోపి
- ఉష్ణగతిక శాస్త్ర శూన్య నియమము: రెండు వివిధ వస్తువులు విడివిడిగా మూడవ వస్తువుతో ఉష్ణ సమతాస్థితిలో ఉన్నప్పుడు, ఆ రెండు వస్తువులు ఒకదానికొకటి ఉష్ణ సమతాస్థితిలో ఉన్నదనుకుంటే ఆ రెండు వ్యవస్థలలో ఉష్ణోగ్రత సమానమగును.
- ఉష్ణగతిక వ్యవస్థలో అణువుల యొక్క స్థితిజ శక్తి మరియు గతిజ శక్తుల మొత్తమును అంతర్గత శక్తి అని అందురు.
- జౌల్ అను శాస్త్రజ్ఞుడు యాంత్రిక శక్తిని, ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తిగా మార్చి చూపించెను.
- శక్తి నిత్యత్వ నియమము యొక్క మరొక రూపమే ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము అగును. ఈ నియమము ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యొక్క ఉష్ణమును కలిగియుండును.
- అర్ధస్థితిక ప్రక్రియ (quasi-static process) అనునది అనంతమైన నెమ్మదిగా జరిగే ప్రక్రియ. ఈ ప్రక్రియలో వ్యవస్థ ఎల్లప్పుడు పరిసరాలతో సమతాస్థితిలో నుండును.
- వ్యవస్థ యొక్క ఘనపరిమాణము మార్పు చెందినప్పుడు వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని $W = \int P\, dV$
- PV చిత్ర పటములో వక్ర రేఖకు క్రింద నున్న వైశాల్యము, వ్యవస్థ ద్వారా చేయబడిన పని లేదా వ్యవస్థపై చేయబడిన పనికి సమానము.
- స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము కంటే తక్కువగా వుండును.
- సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో T = స్థిరాంకము సమపీడన, ప్రక్రియలో P = స్థిరాంకము సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియలో V = స్థిరాంకము, స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో $Q = 0$
- సమపీడన ప్రక్రియలో చేయబడిన పని గరిష్ఠము మరియు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో చేయబడిన పని కనిష్ఠము.
- చక్రీయ ప్రక్రియలో శక్తి అంతర్గత మార్పు శూన్యమగును.
- చక్రీయ ప్రక్రియలో చేయబడిన మొత్తము పని PV చిత్రపటములో నున్న మూయబడిన వక్ర రేఖ వైశాల్యమునకు సమానము.
- ఒక ద్విగత ప్రక్రియ అనునది ఆదర్శ ప్రక్రియ అగును. కానీ వాస్తవమునకు ఇది సాధ్యము కాదు.
- ప్రకృతి ప్రక్రియలు అన్నియు ద్విగత ప్రక్రియలే.
- ఒక ఉష్ణ యంత్రము ఉష్ణ జనకము నుండి ఉష్ణమును తీసుకొని పని చేస్తూ కొంత ఉష్ణ శక్తిని సింక్‌కు వెదజల్లుతున్నది.
- కార్నట్ ఇంజన్ ఒక ద్విగత యంత్రము అగును. ఇది గరిష్ఠ దక్షతను కల్గియుండును. కార్నట్ యంత్రము యొక్క దక్షత ఏ వాస్తవ ఉష్ణ యంత్రములు కల్గియుండవు.
- రిఫ్రిజిరేటర్ అనునది ద్విగత ప్రక్రియలో పనిచేయు కార్నట్ యంత్రము అగును. ప్రాయోగిక రిఫ్రిజిరేటర్ యొక్క క్రియాశీల గుణకము COP ఆదర్శ రిఫ్రిజిరేటర్ యొక్క క్రియాశీల గుణకము కంటే తక్కువ.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 155 21-01-2023 11:48:46

భావన చిత్ర పటము



11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 156 21-01-2023 11:48:46

I. బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు:

1. వేసవి కాలములో వేడి అధికముగా నున్నప్పుడు స్నానం చేసిన తరువాత మన శరీరములో

అ) అంతర్గత శక్తి తగ్గును

ఆ) అంతర్గత శక్తి అధికమగును

ఇ) ఉష్ణం తగ్గును

ఈ) అంతర్గత మరియు ఉష్ణములో మార్పు లేదు.

2. చార్లెస్ నియమములో ఉష్ణోగ్రత మరియు ఘనపరిమాణము మధ్య రేఖా చిత్రము

అ) దీర్ఘ వృత్తము ఆ) వృత్తము

ఇ) సరళ రేఖ ఈ) పరావలయము

3. సైకిల్ టయర్ ఉన్నట్లుండి పేలినపుడు దానిలోని గాలి పరిసరములలో వ్యాపించినది. ఈ ప్రక్రియను

అ) సమ ఉష్ణోగ్రత ఆ) స్థిరోష్ణక

ఇ) సమపీడన ఈ) సమ ఘనపరిమాణము

4. ఒక ఆదర్శ వాయువు (P_1, V_1, T_1, N) ఒక సమతాస్థితి నుండి మరొక సమతా స్థితికి $(2P_1, 3V_1, T_2, N)$ వెళ్ళినపుడు

అ) $T_1 = T_2$ ఆ) $T_1 = \frac{T_2}{6}$

ఇ) $T_1 = 6T_2$ ఈ) $T_1 = 3T_2$

5. ఏకరీతి సాంద్రత గల కడ్డీని వేడి చేసినప్పుడు ఆ కడ్డీ నందు ఈ క్రింది వానిలో ఏది అధికమగును.

అ) ద్రవ్యరాశి

ఆ) భారము

ఇ) ద్రవ్యరాశి కేంద్రకము

ఈ) జడత్వ భ్రామకము

6. మూయబడిన పాత్రలో ఆహారము వండినప్పుడు కొంత సమయం తరువాత నీటి ఆవిరి పాత్రపై నున్న మూతను పైకి నెట్టి వేస్తుంది. నీటి ఆవిరిని ఉష్ణగతిక వ్యవస్థలో పరిగణించబడిన, అప్పుడు వంట ప్రక్రియలో

అ) $Q > 0, W > 0,$

ఆ) $Q < 0, W > 0,$

ఇ) $Q > 0, W < 0,$

ఈ) $Q < 0, W < 0,$

7. మనము ఉదయాన వ్యాయామం చేసినప్పుడు మన శరీరమనునది ఒక ఉష్ణగతిక వ్యవస్థగా పరిగణించిన క్రింది యివ్వబడిన వాటిలో ఏది సత్యము?

అ) $\Delta U > 0, W > 0,$

ఆ) $\Delta U < 0, W > 0,$

ఇ) $\Delta U < 0, W < 0,$

ఈ) $\Delta U = 0, W > 0,$

8. బల్ల మీద ఉంచబడిన వేడైన కాఫీ గల కప్పు కొంత సమయం తరువాత పరిసరాలతో ఉష్ణ సమతా స్థితికి వచ్చును. గదిలో నున్న గాలి అణువులు ఉష్ణగతిక వ్యవస్థగా అనుకొనిన క్రింది యివ్వబడిన వాటిలో ఏది సత్యము?

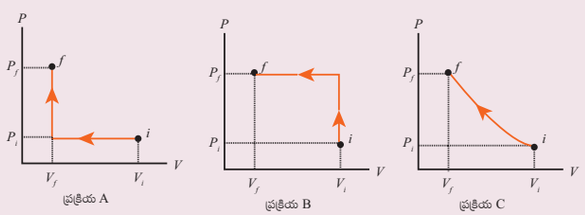
అ) $\Delta U > 0, Q = 0$

ఆ) $\Delta U > 0, W < 0$

ఇ) $\Delta U > 0, Q > 0$

ఈ) $\Delta U = 0, Q > 0$

9. ఒక ఆదర్శ వాయువు (P_i, V_i) అను ప్రారంభ స్థితి నుండి (P_f, V_f) అను తుది స్థితికి క్రింద గల మూడు విధములైన మార్గములలో తీసుకొనబడుచున్నది. ఏ ప్రక్రియలో వాయువు మీద అధిక పని చేయబడుచున్నదని గుర్తించుము.



11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 157 21-01-2023 11:48:47

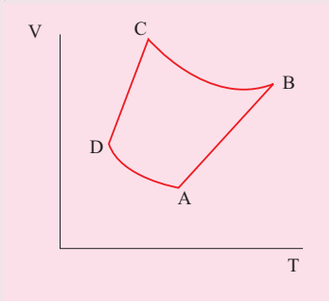
అ) ప్రక్రియ A

ఆ) ప్రక్రియ B

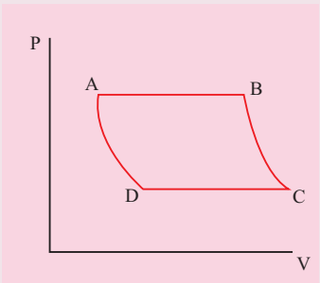
ఇ) ప్రక్రియ C

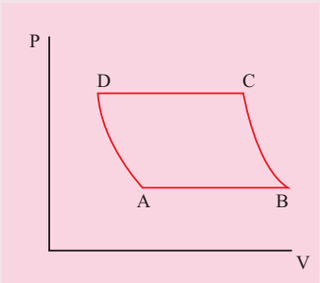
ఈ) A,B &C ప్రక్రియలో చేయబడిన పని సమానము.

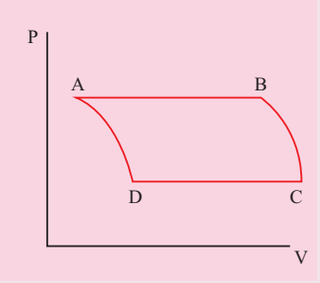
10. $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ అను ద్విగత చక్రియ ప్రక్రియలోనున్న ఆదర్శ వాయు యొక్క V-T రేఖ పటము చూపించబడినది. ఇచ్చట $D \rightarrow A$ మరియు $B \rightarrow C$ అనునవి స్థిరోష్ణ ప్రక్రియలో నున్నది.

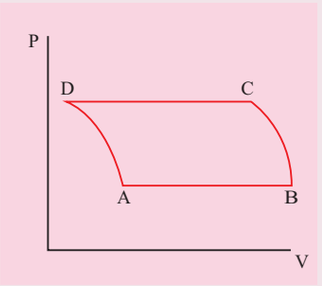


ఈ ప్రక్రియలో సంబంధిత PV రేఖా చిత్రమేది?

అ)


ఆ)


ఇ)


ఈ)


11. అధిక దూరములో నున్న నక్షత్రము 350 nm తరంగ దైర్ఘ్యంలో అధిక తీవ్రత గల వికిరణములు వెలువరిచినప్పుడు ఆ నక్షత్రము యొక్క ఉష్ణోగ్రత

అ) 8280 K ఆ) 5000K

ఇ) 7260 K ఈ) 9044 K

12. క్రింది యివ్వబడిన వాటిలో ఏది స్థితి చరరాశుల గల వ్యవస్థ ?

అ) Q, T, W ఆ) P, T, U

ఇ) Q, W ఈ) P, T, Q

13. సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియకు క్రింది వాటిలో ఏది సరియైనది?

అ) $W = 0$ ఆ) $Q = 0$

ఇ) $\Delta U = 0$ ఈ) $\Delta T = 0$

14. నీటి ఘనీభవన స్థానము మరియు మరుగు స్థానము మధ్య పనిచేయు ఉష్ణయంత్రము యొక్క దక్షత (NEET 2018)

అ) 6.25% ఆ) 20%

ఇ) 26.8% ఈ) 12.5%

15. ఒక ఆదర్శ శీతలీకరణ యంత్రములో నున్న ఘనీభవన పెట్టె యొక్క ఉష్ణోగ్రత $-12°C$ యంత్రము యొక్క క్రియాశీలత గుణకము 5 అయితే శీతలీకరణ యంత్రము చుట్టు ఉన్న గాలి యొక్క ఉష్ణోగ్రత (ఉష్ణము బయటికి వచ్చినప్పుడు)

అ) $50°C$ ఆ) $45.2°C$

ఇ) $40.2°C$ ఈ) $37.5°C$

సమాధానములు:

1) అ	2) ఇ	3) ఆ	4) ఆ
5) ఈ	6) అ	7) ఆ	8) ఇ
9) ఆ	10) అ	11) అ	12) ఆ
13) అ	14) ఇ	15) ఇ	

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 158 21-01-2023 11:48:47

II. సంక్షిప్త సమాధాన ప్రశ్నలు

1. 'ఒక వస్తువు అధిక ఉష్ణముగా ఉన్నది. ఇది సరియైన వాక్యమా? కాదా? ఎందుకు?
2. బాయిల్ నియమము మరియు చార్లెస్ నియమము నుండి ఆదర్శ వాయు సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించుము.
3. ఒక 'మోల్' ను నిర్వచింపుము
4. విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యమును నిర్వచించి మరియు దాని ప్రమాణములను వ్రాయుము
5. మోలార్ విశిష్టోత సామర్యము నిర్వచింపుము.
6. ఉష్ణోగ్రత వ్యాకోచము అనగానేమి?
7. రేఖీయ వైశాల్య మరియు ఘనపరిమాణ ఉష్ణ వ్యాకోచ గుణకముల సమీకరణమును వ్రాయుము
8. గుప్తోష్ణ సామర్థ్యమును నిర్వచించి మరియు దాని ప్రమాణములను వ్రాయుము.
9. స్టీఫన్ బోల్ట్జ్‌మన్ నియమమును తెల్పుము
10. వీన్స్ నియమమును తెల్పుము
11. ఉష్ణ వాహకతను నిర్వచించి మరియు దాని ప్రమాణాలు వ్రాయుము
12. కృష్ణ వస్తువు (black body) అనగానేమి?
13. ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ అనగానేమి? ఉదాహరణలిమ్ము.
14. ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యొక్క వివిధ రకములను తెలుపుము.
15. ఉష్ణ సమతాస్థితి అనగానేమి?
16. స్థిర చరరాశులు అనగానేమి? ఉదాహరణలిమ్ము.
17. కొలత సంబంధిత చరరాశులు మరియు కొలత అసంబంధిత చరరాశులు అనగానేమి? ఉదాహరణనిమ్ము.
18. స్థితి సమీకరణము అనగానేమి? ఉదాహరణనిమ్ము.
19. ఉష్ణగతిక శాస్త్రము యొక్క శూన్య నియమమును తెల్పుము.
20. ఒక వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తిని నిర్వచించుము.
21. అంతర్గత శక్తి మరియు ఉష్ణశక్తి ఒకే విధముగా ఉండునా? వివరించుము.
22. ఒక కెలోరీని నిర్వచించుము.
23. జౌల్ అను శాస్త్రజ్ఞుడు యాంత్రిక శక్తిని ఉష్ణశక్తిగా మార్చారా? వివరించుము.
24. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమాన్ని తెల్పుము.
25. ఒక వస్తువును తాకడం ద్వారా ఆ వస్తువు యొక్క ఉష్ణోగ్రతను కొలువగలమా?
26. Q మరియు W గుర్తు ఆచరణలను వ్రాయుము.
27. అర్థస్థితిక ప్రక్రియ (quasi-static) ను నిర్వచించుము.
28. వాయువు వలన చేయబడిన పనికి సమీకరణమును వ్రాయుము.
29. PV రేఖా చిత్రము అనగానేమి?
30. స్థిర పీడనం వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము, స్థిర ఘనపరిమాణం వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము కంటే ఎందుకు అధికముగా ఉన్నది. వివరించుము.
31. సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ యొక్క స్థితి సమీకరణమును తెల్పుము.
32. సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో చేయబడిన పనికి సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
33. మోలార్ విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము ఆధారంగా అంతర్గత శక్తి మార్పును వివరించుము.
34. (అ) సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ (ఆ) స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ (ఇ) సమ పీడన ప్రక్రియలకు ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమమును ఉపయోగించి సమీకరణములను ఉత్పాదించుము.
35. స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ యొక్క స్థితి సమీకరణమును ఉత్పాందించుము.
36. సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ యొక్క స్థితి సమీకరణమును వివరించుము.
37. ఒక పాత్ర (container) లో ముషలకము (piston) ను వేగంగా లోపలికి అదుమునపుడు ఆదర్శ వాయు నియమమును ఉపయోగించవచ్చునా? అలా కాకుంటే కారణమేమి?

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 159 21-01-2023 11:48:47

38. క్రింది ప్రక్రియలకైన PV రేఖా పటమును గీయుము.

అ. సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ

ఆ. స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ

ఇ. సమ పీడన ప్రక్రియ

ఈ. సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ

39. చక్రీయ ప్రక్రియ అనగానేమి

40. ద్విగత ప్రక్రియ మరియు అద్విగత ప్రక్రియ అనగానేమి?

41. ఉష్ణగతిక శాస్త్రము రెండవ నియమము నుండి క్లాసియస్ నియమమును తెల్పుము.

42. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమము నుండి కెల్విన్ – ప్లాంక్ నియమమును తెల్పుము.

43. ఉష్ణ యంత్రమును నిర్వచింపుము.

44. కార్నట్ యంత్రములో పనిచేయు ప్రక్రియలను తెల్పుము

45. చక్రీయ ప్రక్రియలో ఇవ్వబడిన ఉష్ణశక్తిని పూర్తిగా ఉష్ణ యంత్రము పనిగా మార్చునా? లేనియెడల ఏ నిబంధన ప్రకారము ఉష్ణము పూర్తి పనిగా మారును.

46. ఎంట్రోఫీ ఆధారంగా ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమాన్ని తెల్పుము.

47. ఉష్ణం వేడి వస్తువు నుండి చల్లని వస్తువునకు ఎందుకు ప్రవహిస్తుంది?

48. క్రియాశీల గుణకం (COP) ను నిర్వచింపుము

III. వ్యాసరూప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ఉష్ణము మరియు పని యొక్క భావనలను తగిన ఉదాహరణములతో వివరించండి.

2. ఆదర్శ వాయు నియమములను గూర్చి వివరించండి.

3. ఉష్ణ వ్యాకోచం గూర్చి వివరముగా విపులీకరించండి.

4. నీటి క్రియారహిత విస్తరణను వివరింపుము. దీని వలన బలమునకు కలుగ లాభమేమి?

5. ఉష్ణమాపనమును వివరించి, దాని ఆధారంగా ఒకదానితో మరొకటి కలిసియున్న రెండు ఉష్ణగతిక వ్యవస్థల యొక్క తుది ఉష్ణోగ్రతకు సమీకరణమును ఉత్పాదించండి.

6. ఉష్ణ ప్రసరణ యొక్క వివిధ పద్ధతులను చర్చించుము.

7. న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమాన్ని విపులంగా వివరించండి?

8. వీన్స్ నియమాన్ని వివరించి మనం దృశ్య కిరణాలను మాత్రమే కళ్ళతో ఎందుకు చూడగల్గుతున్నామో వివరించండి?

9. క్రింది వానిని వివరించుము.

అ. ఉష్ణ సమతాస్థితి

ఆ. యాంత్రిక సమతాస్థితి

ఇ. రసాయనిక సమతాస్థితి

ఈ. ఉష్ణ గతిక సమతాస్థితి

10. ఉష్ణము యొక్క యాంత్రిక సమానమును తెలియజేసే జౌల్స్ ప్రయోగాన్ని వివరించండి?

11. ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యందు ఘనపరిమాణంలో మార్పు చెందినప్పుడు చేయబడిన పనికి సమీకరణంను ఉత్పాదించుము.

12. ఆదర్శ వాయువు యొక్క మేయర్స్ సంబంధాన్ని ఉత్పాందిచుము.

13. సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియను విపులంగా వివరించండి.

14. సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియలో చేయబడిన పనికి సమాసమును ఉత్పాదించుము.

15. స్థిరోష్ణక ప్రక్రియను వివరించుము.

16. స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో చేయబడిన పనిని ఉత్పాదించుము.

17. సమపీడన ప్రక్రియను వివరించి మరియు ఈ ప్రక్రియలో చేయబడిన పనికి సమాసమును ఉత్పాదించుము.

18. సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియను విపులంగా వివరించుము?

19. ఉష్ణగతిక శాస్త్ర మొదటి నియమము యొక్క పరిమితులను తెల్పుము.

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 160 21-01-2023 11:48:47

20. ఉష్ణ యంత్రమును గూర్చి వివరించి దాని దక్షతకు సమాసమును ఉత్పాదించుము.

21. కార్నట్ ఉష్ణయంత్రమును గూర్చి విపులంగా వివరించుము.

22. కార్నట్ ఉష్ణయంత్రము యొక్క దక్షతకు సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.

23. ఎంట్రోఫి ఆధారంగా ఉష్ణగతిక శాస్త్ర రెండవ నియమాన్ని వివరించుము.

24. శీతలీకరణ యంత్రము పనిచేయు విధమును విపులంగా వివరించుము.

IV. సమస్యలు

1. పటములో చూపినట్లు గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద బెలూన్‌లో ఎన్ని మోల్స్ గాలి నింపబడినదని లెక్కించుము.



బెలూన్ యొక్క వ్యాసార్ధము 10 cm మరియు బెలూన్‌లో పీడనము 180 kPa

జవాబు: $\mu \cong 0.3\ mol$

2. అంగారక గ్రహంలో సరాసరి ఉష్ణోగ్రత సుమారు -53°C మరియు దాని వాతావరణ పీడనం 0.9 kPa అయిన అంగారకుని గ్రహంలో ఏకాంక ఘనపరిమాణములో నున్న అణువుల సంఖ్యను మోల్స్‌లలో లెక్కించుము? ఈ మోల్స్ సంఖ్య భూమిలోని ఏకాంక ఘనపరిమాణము కంటే అధికమా?

జవాబు: $\mu_{Mars} = 0.49\ mol$

$\mu_{Earth} \cong 40\ mol$

3. ఒక ఉష్ణ బంధక పాత్రలో వున్న రెండు గదులు ఉష్ణ బంధక అడ్డుగోడచే వేరు చేయబడినవి. ఒక గదిలో నున్న వాయువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత T_1 పీడనము P_1 మరియు ఘనపరిమాణము V_1 మరొక్క గదిలో నున్న వాయువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత T_2 పీడనము V_2 మరియు ఉష్ణోగ్రత T_2 ఇక్కడ ఎటువంటి పని చేయకుండా అడ్డుగోడను తొలగించినపుడు పాత్రలోని వాయువు యొక్క తుది సమతా స్థితి ఉష్ణోగ్రతను లెక్కింపుము.

జవాబు: $T = \dfrac{T_1T_2(P_1V_1 + P_2V_2)}{P_1V_1T_2 + P_2V_2T_1}$

4. ద్వైర్ఘ్య వ్యాకోచ గుణకము α_L కలిగి L పొడవు గల ఏకరీతి కడ్డీ యొక్క ఉష్ణోగ్రతలో ఏర్పడు మార్పు ΔT అనుకొందాము కడ్డీ అక్షమునకు లంబముగా మరియు దాని ద్రవ్యరాశి కేంద్రము ద్వారా పోవు అక్షము ఆధారంగా ఆ కడ్డీ యొక్క క్రొత్త జడత్వ భ్రామకమును కనుగొనుము.

జవాబు: $I' = I\,(1 + \alpha_L\,\Delta T)^2$

5. TP చిత్రమునకు ((P-x అక్షము, T-y అక్షము) VT చిత్రమునకు (T-x అక్షము V-y అక్షము) క్రింది వాటిని గీయుము.

అ) సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ

ఆ) సమ ఉష్ణోగ్రత ప్రక్రియ

ఇ) సమపీడన ప్రక్రియ

6. ఉదయమున సైకిల్ ప్రయాణించు ఒక వ్యక్తి 25°C ఉష్ణోగ్రత వద్ద సైకిల్ టైర్‌లోని గాలి పీడనము 500 kPa కు సమానం. మధ్యాహ్నం అతడు సైకిల్ టైర్‌లోని గాలి పరమ పీడనము 520 kPa అధికమించింది. టైర్‌లోని గాలి యొక్క వ్యాకోచాన్ని ఉపేక్షించినపుడు. మధ్యాహ్నము నందు టైర్ యొక్క ఉష్ణోగ్రతను కనుగొనుము.

జవాబు: T= 36.9°C

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 161 21-01-2023 11:48:53

7. మానవ శరీర సాధారణ ఉష్ణోగ్రత 98.6°F అధిక జ్వరమునున్నప్పుడు ఉష్ణోగ్రతలో పెరుగుదల 104°F అయిన మన శరీరము నుండి వెలువడు ఉష్ణ వికిరణము యొక్క గరిష్ఠ తరంగ ధైర్ఘ్య విలువను కనుగొనుము. (ఇచ్చట మానవ శరీరమును ఒక కృష్ణ వస్తువని అనుకొనుము)

జవాబు: (అ) $\lambda_{max} \approx 9348$ వద్ద at 98.6°F

(ఆ) $\lambda_{max} \approx 9258$ వద్ద at 104°F

8. స్థిరోష్ణక వ్యాకోచములో గాలి యొక్క ఘనపరిమాణము పెరగుదల 4% అయిన పీడనంలోని మార్పును శాతములో కనుగొనుము

(గాలికి $\gamma = 1.4$)

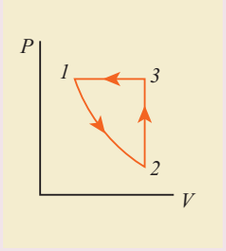
జవాబు: 5.6%

9. పెట్రోల్ యంత్రములో (అంతర్దహన యంత్రము) వాతావరణ పీడనములో 20°C ఉష్ణోగ్రతలో ఉన్న గాలి ముషలకము ద్వారా తుది ఘనపరిమాణము దాని ప్రారంభ ఘనపరిమాణములో 1/8 కి అయితే అదుమబడిన గాలి యొక్క ఉష్ణోగ్రతను లెక్కింపుము.

(గాలికి $\gamma = 1.4$)

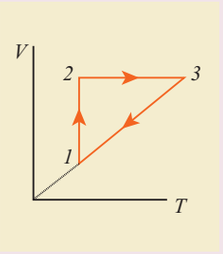
జవాబు: $T \cong 400°C$

10. క్రింది పటములో చక్రీయ ప్రక్రియ యొక్క సమ ఉష్ణోగ్రత సమ ఘనపరిమాణము మరియు సమ పీడనము ఇవ్వబడినది.



అదే ప్రక్రియలో చూపబడిన V-T చిత్రపటము T ను x అక్ష పరంగా మరియు V ని y అక్ష పరంగా తీసుకొనిన ప్రతి ప్రక్రియలో ఉష్ణ మార్పిడి యొక్క స్వభావాన్ని విశ్లేషించండి.

జవాబు:



సంఘటన 1 నుండి 2 = ఘనపరిమాణము అధికమగుట వలన ఉష్ణమును చేర్చవలెను.

సంఘటన 2 నుండి 3 = ఘనపరిమాణము స్థిరంగా ఉండి, ఉష్ణము అధికరించినప్పుడు ఇచ్చిన ఉష్ణము వ్యవస్థ యొక్క అంతర్గత శక్తిని పెంచుటకు ఉపయోగపడును.

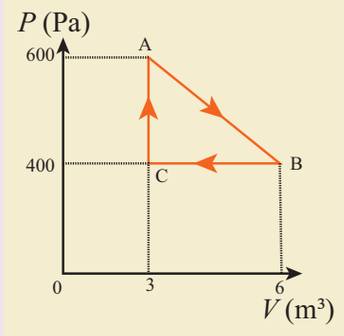
సంఘటన 3 నుండి 1 = పీడనము స్థిరంగా ఉండి, ఘనపరిమాణము మరియు ఉష్ణోగ్రత తగ్గించబడినది. వ్యవస్థ నుండి ఉష్ణము బయటకు వెళ్ళును. ఇది సమపీడన సంకోచము కావున వ్యవస్థపై పనిచేయబడును.

11. ఆదర్శ వాయువు యొక్క చక్రీయ ప్రక్రియను తెలిపే క్రింది పటము నుండి ఇవ్వబడిన వాటిని కనుగొనుము.

(అ) వాయువు ద్వారా చేయబడిన పని

(ఆ) వాయువుపై చేయబడిన పని

(ఇ) ఈ ప్రక్రియలో చేయబడిన ఫలిత పని



జవాబు: (అ) $W = +1.5kJ$

(ఆ) $W = -1.2kJ$

(ఇ) $W = +300J$.

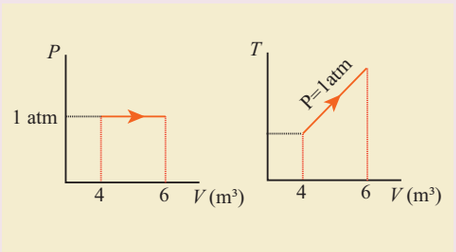
11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 162 21-01-2023 11:48:54

12. వాతావరణ పీడనం వద్ద ఇవ్వబడిన ఒక ఆదర్శ వాయువునకు $6 \times 10^5 J$ ఉష్ణశక్తి ఇవ్వబడినది మరియు వాయువు యొక్క ఘనపరిమాణము $4\ m^3$ నుండి $6\ m^3$ అధికము చేసిన, క్రింది వాటిని లెక్కించుము. (అ) వాయువు ద్వారా చేయబడిన పని (ఆ) వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తిలో మార్పు ఇ) PV మరియు TV చిత్ర పటములోని ఈ ప్రక్రియలను గ్రాపు ద్వారా చూపించుము.

జవాబు: (అ) $W = +202.6\ kJ$

(ఆ) $dU = 397.4\ kJ$

(ఇ)



13. 100°C మరియు 300°C మధ్య పనిచేయు ఉష్ణ ద్విగత ప్రక్రియలో ఉష్ణ యంత్రము యొక్క దక్షతను ఒక వ్యక్తి అధికమించ వలయునన్న ఈ క్రింది పద్ధతులలో అతనికి ఏది అనుకూలమైనది? (అ) ఉష్ణ జనకము యొక్క ఉష్ణోగ్రతను స్థిరంగా ఉంచి, సింక్ యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 100°C నుండి 50°C కు తగ్గించుట. (ఆ) సింక్ యొక్క ఉష్ణోగ్రతను స్థిరముగా ఉంచి ఉష్ణ జనకము యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 300°C నుండి 350°C వరకూ అధిక పరచుట.

జవాబు: ప్రారంభ దక్షత = 34.9%

పద్ధతి (అ) లోని దక్షత =43.6%

పద్ధతి (ఆ) లోని దక్షత =40.1%

కావున పద్ధతి (అ) అధిక దక్షత కలిగినది.

14. ఉష్ణ జనకము యొక్క ఉష్ణోగ్రత 327°C కలిగిన కార్నట్ యంత్ర దక్షత 45% అదే కార్నట్ యంత్రములోని దక్షతను 60% గా పెంచుటకు ఉష్ణ జనకము యొక్క ఉష్ణోగ్రత ఎంత ఉండవలయును? గమనిక: ఇచ్చట రెండు సందర్భములలోనూ సింక్ ఉష్ణోగ్రత సమానము.

జవాబు: 552°C

15. ఒక ఆదర్శ శీతలీకరణ యంత్రములోని వస్తువులు 0°C లో ఉన్నవి. గది యొక్క ఉష్ణోగ్రత 27°C ఉన్నచో ఆ శీతలీకరణ యంత్రము యొక్క క్రియాశీల గుణకమును లెక్కింపుము .

జవాబు: β=10.11

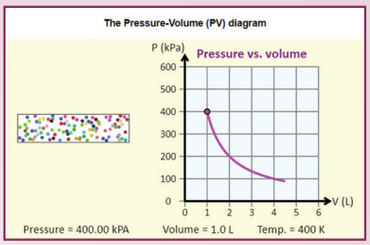
పరిశీలనా గ్రంథములు (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. James Walker, Physics, Addison-Wesley publishers, 4th Edition
4. Douglas C Giancoli, Physics for scientist & Engineers with modern physics, Pearson Prentice Hall, 4th edition.
5. H.C.Verma, Concepts of physics volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers
6. Tarasov and Tarasova, Question and problems in school physics, Mir Publishers

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 163 21-01-2023 11:48:54

అంతర్జాల కృత్యము

ఉష్ణము మరియు ఉష్ణగతిక శాస్త్రము

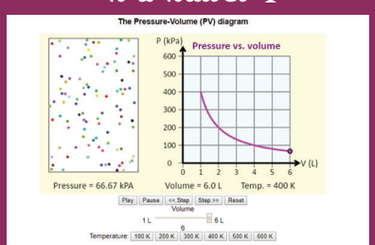


వివిధ ఉష్ణగతిక శాస్త్ర ప్రక్రియలకైన PV రేఖా చిత్రమును గూర్చి తెలుసుకొనవచ్చును.

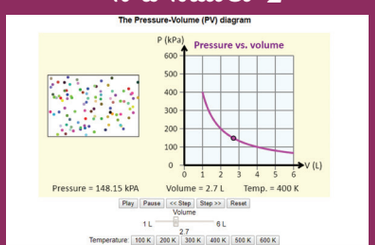
సోపానములు:

- క్రింది URL గుర్తును పయోగించి 'Pressure and Volume Diagram " అనే అంతర్జాల పుటకు వెళ్ళవలెను.
- ఉష్ణోగ్రతను select రేఖా చిత్రం క్రింద గల Volume ను మార్చి play అనే బటన్‌ను నొక్కవలెను.
- ఇప్పుడు వివిధ ఉష్ణోగ్రతలను select చేసి Volume ను మరలా మార్చి కుడిచేతి ప్రక్క వున్న పటము మరియు రేఖాచిత్రము రెండింటిలోనూ పీడన వ్యత్యాసమును లెక్కించవలెను.
- వివిధ విలువలకు ఇదే విధంగా మరలా చేసి వాటి రేఖా చిత్రాలను గీయవలెను.

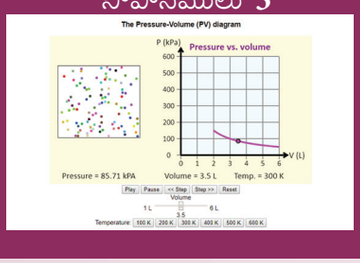
సోపానములు **1**



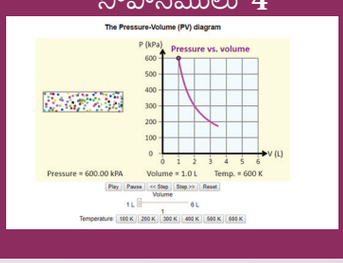
సోపానములు **2**



సోపానములు **3**



సోపానములు **4**



URL:

http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/PV_diagram.html

* చిత్రములు సూచన కొరకు మాత్రమే

* అవసరమైనచో **Flash Player** or **Java Script** ను అనుమతించవలెను.

06MNA

11th Physics Vol-2 Chapter-8 Telugu Medium.indd 164 21-01-2023 11:48:55

అధ్యాయము

9

వాయువుల గతిజ సిద్ధాంతము (KINETIC THEORY OF GASES)

"ఉష్ణ గతిక శాస్త్రమును ఉపయోగించి ఒక వ్యక్తి దాదాపు అన్నింటినీ పైపైనే లెక్కించగలడు. కాని గతిజ సిద్ధాంతమును ఉపయోగించి అన్నింటినీ కాకపోయిననూ కొన్నింటినైనా ఖచ్చితముగా లెక్కించగలడు" – యూజిన్ విగ్నర్

అభ్యసనా లక్ష్యములు

G90AU

ప్రస్తుత అధ్యాయములో విద్యార్థులు క్రింది విషయాలను తెలుసుకొంటారు

- వాయువుల గతిజ సిద్ధాంతము యొక్క ఆవశ్యకత
- పీడనము మరియు ఉష్ణోగ్రతల మూలమునకు సంబంధించి ఒక సూక్ష్మ పరిచయము
- వాయువుల అంతర్గత శక్తి మరియు వాయు మూలకముల స్థానాంతర గతిజ శక్తుల మధ్య సహ సంబంధము
- ఒక యాంత్రిక వ్యవస్థ యొక్క స్వాతంత్ర్య పరిమితులు – అర్థము
- ఏక పరమాణుక ద్వి పరమాణుక మరియు త్రి పరమాణుక అణువుల యొక్క స్వాతంత్ర్య పరిమితులను లెక్కించుట.
- శక్తి యొక్క సమ విభాగ నియమము
- C_P మరియు C_Vల నిష్పత్తిని లెక్కించుట
- సరాసరి స్వేచ్ఛా పథము నిర్వచనము మరియు పీడనము, ఉష్ణోగ్రత మరియు సంఖ్యా సాంద్రతలతో సరాసరి స్వేచ్ఛా పథమునకు గల సంబంధము
- బ్రౌనియన్ చలనము మరియు దాని పుట్టుకకు సంబంధించి ఒక సూక్ష్మ పరిచయము

9.1 గతిజ సిద్ధాంతము (KINETIC THEORY)

9.1.1 పరిచయము (Introduction)

ఉష్ణగతిక శాస్త్రము ప్రాథమికముగా ఒక స్థూల విజ్ఞాన శాస్త్రము. అధ్యాయము 8 లో ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ (Thermodynamics) యొక్క స్థూల పరామితులు (macroscopic parameters) పీడనము, ఉష్ణోగ్రత మరియు ఘన పరిమాణము వంటి వాటి గురించి చర్చించియున్నాము. ప్రస్తుత అధ్యాయములో ఒక ఉష్ణగతిక వ్యవస్థను కణములు లేదా అణువుల సముదాయముగా పరిగణించి పీడనము మరియు ఉష్ణోగ్రతల మూలము లేక పుట్టుక (origin) ను సూక్ష్మముగా చర్చిద్దాం. గతిజ సిద్ధాంతము అనునది పీడనము మరియు ఉష్ణోగ్రతలను ఒక మాదిరి వాయువు యొక్క అణు చలనము (molecular motion) తో సంబంధపరుస్తుంది. అంతేకాక ఇది న్యూటన్ యాంత్రిక శాస్త్రము (Newtonian mechanics) మరియు ఉష్ణగతిక శాస్త్రము (thermodynamics) ను మధ్య వారధిగా ఉన్నది. ప్రస్తుత అధ్యాయము వాయు అణువుల గతిజ స్వభావమును మీకు పరిచయము చేస్తుంది.

9.1.2 వాయువుల-గతిజ సిద్ధాంతము యొక్క ప్రతిపాదనలు (Postulates of kinetic theory of gases)

గతిజ సిద్ధాంతము (Kinetic theory) కొన్ని ఊహలను ఆధారముగా కలిగి గణిత సాధనలను సరళతరము చేస్తుంది. ఈ ఊహలు అత్యంత ఖచ్చితముగా లేనప్పటికీ కూడా దీని ఆధారముగా గతిజ సిద్ధాంతమును మనము అన్ని వాయువులకు అనువర్తింపజేయవచ్చును.

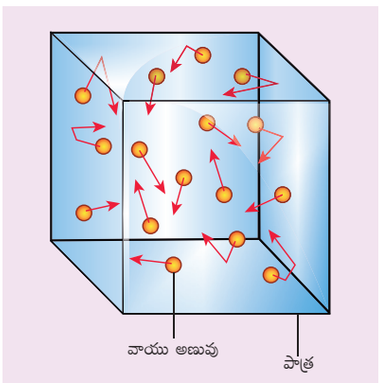
11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 165 28-02-2023 13:20:16

1. ఒక వాయువు యొక్క అన్ని అణువులు ఏకరీతిగా గల స్థితిస్థాపక (elastic) గోళములు
2. వేర్వేరు వాయువుల అణువులు వేర్వేరుగా ఉంటాయి.
3. వాయువులోని అణువుల సంఖ్య చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది మరియు వాయు అణువుల మధ్య గల సరాసరి దూరము ఆ వాయు అణువుల పరిమాణము కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది.
4. ఒక వాయువులోని అణువులు నిరంతర యాదృచ్ఛిక చలన స్థితి (state of continuous random motion) లో ఉంటాయి.
5. వాయు అణువులు ఒకదానితో మరొకటి ఢీకొంటూ పాత్రను కూడా ఢీకొంటాయి.
6. వాయు అణువులలోని అభిఘాతములు (collisions) సంపూర్ణముగా స్థితిస్థాపకముగా ఉంటాయి కనుక అభిఘాతములు జరుగు సమయములో గతిజశక్తి నష్టము కాదు.
7. రెండు ఆసన్న అభిఘాతము (successive collisions) ల మధ్య ఒక వాయు మూలకము సమ వేగము (uniform velocity) తో చలిస్తుంది.
8. అణువులు అభిఘాతము జరిపే సమయములో తప్ప అని ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకొనవు లేదా వికర్షించుకొనవు. అణువులు ఏ విధమైన స్థితిజ శక్తి (potential energy) ని పొందవు అవి పూర్తిగా గతిజశక్తి (potential energy) నే పొందుతాయి.
9. అభిఘాతములు తాక్షణికము (instantaneous) గా జరిగే ఘటనలు అణువుల మధ్య రెండు క్రమానుగత (consecutive) అభిఘాతములు జరిగే కాలము కంటే ఆ అణువులు ఒక్కొక్క అభిఘాతమును జరుపుటకు పట్ట కాలము చాలా తక్కువగా ఉంటుంది.
10. వాయు అణువులు యాదృచ్ఛికముగా చలించినప్పటికీ అవి న్యూటన్ చలన నియమములను పాటిస్తాయి.

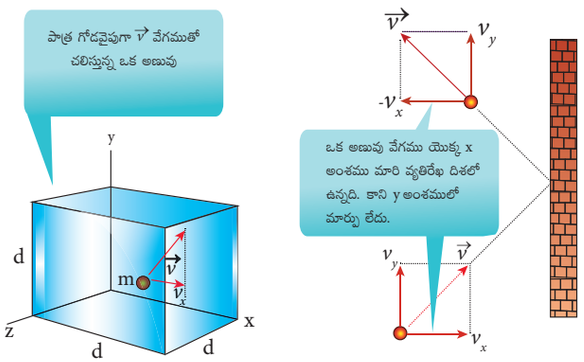
9.2 వాయువుచే ఏర్పరచబడిన పీడనము (PRESSURE EXERTED BY A GAS)

9.2.1 వాయువుచే ఏర్పరచబడిన పీడనమునకు సమీకరణము (Expression for pressure exerted by a gas)

పటము 9.1 (అ) లో చూపిన విధముగా l పొడవు కలిగిన ఒక ఘనాకార పాత్రలో ఒక్కొక్క అణువు ద్రవ్యరాశి m గా గల N ఏక పరమాణుక (monoatomic) అణువులు ఉన్నట్లు పరిగణిద్దాం.



పటము 9.1 (అ) వాయు అణువులు గల పాత్ర



పటము 9.1 (ఆ) పాత్ర గోడలతో అణువుల అభిఘాతము

వాయువులోని అణువులు యాదృచ్ఛిక చలనము (random motion) లో ఉన్నవి. ఈ అణువులు ఒకదానితో మరొకటి ఢీకొంటూ అనగా అభిఘాతము జరుపుచూ పాత్ర గోడలతో కూడా అభిఘాతం చెందుతుంది. ఈ అభిఘాతములు

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 166 28-02-2023 13:20:16

స్థితిస్థాపక స్వభావమును కలిగి ఉండుటచే అక్కడ గతిజ శక్తిలో నష్టము వాట్లిలదు, కాని ద్రవ్యవేగము (momentum) లో మార్పు ఏర్పడుతుంది.

అణువులు అభిఘాతము చెందుట వలన అవి పాత్ర గోడలపై పీడనమును కలిగిస్తాయి. ప్రతి అభిఘాతము జరుగు సమయములో అణువులు పాత్ర గోడలపై కొంత ద్రవ్యవేగమును కలిగిస్తాయి. ఈ ద్రవ్యవేగ బదిలీ వలన గోడలు నిరంతరం బల అనుభూతిని పొందుతాయి. పాత్ర గోడలపై ప్రమాణ వైశాల్యమునకు కలుగజేయబడిన బలము (force) వాయువు ఏర్పరచిన పీడనమును నిర్ధారిస్తుంది. అత్యల్ప కాల వ్యవధిలో వాయు అణువులచే బదిలీ చేయబడిన మొత్తం ద్రవ్యవేగమును నిర్ధారించుట చాలా ముఖ్యము.

m ద్రవ్యరాశి గల ఒక అణువు $\vec{v}$ వేగముతో v_x, v_y, మరియు v_z అంశములను కలిగి పాత్ర కుడి వైపును ఢీకొన్నది. అభిఘాతము స్థితిస్థాపకము అని అనుకొన్నందు వలన, కణములు ఢీకొని అదే వేగముతో వెనుదిరుగుతాయి మరియు x అంశము వ్యతిరేక విలువను కలిగి ఉంటుంది. ఇది పటము 9.1 (ఆ) లో చూపబడినది. అభిఘాతము తరువాత అణువుల వేగ అంశములు $(-v_x, v_y, v_z)$ అవుతుంది.

అభిఘాతమునకు మునపు అణువు ద్రవ్యవేగ x- అంశము $= mv_x$

గమనిక

x దిశలో అభిఘాతమునకు మునుపు వ్యవస్థ యొక్క మొత్తం ద్రవ్యవేగము అణువుల ద్రవ్యవేగము (mv_x) నకు సమానము. ఎందుకనగా గోడ యొక్క ద్రవ్యవేగము శూన్యము. రేఖీయ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమము ప్రకారము అభిఘాతము తరువాత వ్యవస్థ యొక్క మొత్తము ద్రవ్యవేగము, అభిఘాతమునకు మునుపు వ్యవస్థ యొక్క మొత్తము ద్రవ్యవేగమునకు సమానము. అభిఘాతము తరువాత x దిశలో అణువు యొక్క ద్రవ్యవేగము $-mv_x$ మరియు అభిఘాతము తరువాత పాత్ర గోడల ద్రవ్యవేగము $2mv_x$ కనుక అభిఘాతము తరువాత వ్యవస్థ యొక్క మొత్తం ద్రవ్యవేగము $(2mv_x - mv_x) = mv_x$ అవుతుంది. అనగా ఈ విలువ అభిఘాతమునకు మునుపు వ్యవస్థ యొక్క ద్రవ్యవేగమునకు సమానముగా ఉంటుంది.

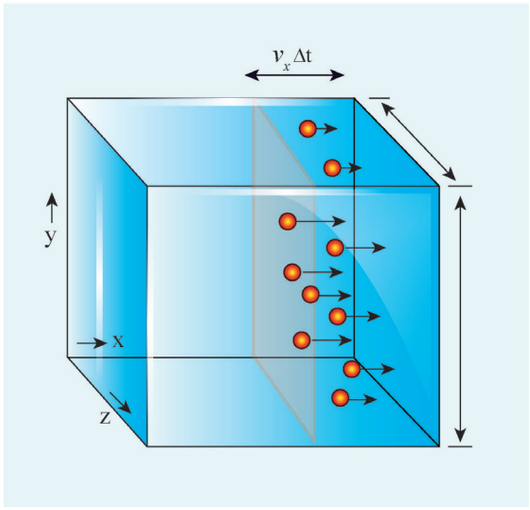
అభిఘాతమునకు పిదప అణువు ద్రవ్యవేగ x- అంశము $= -mv_x$

x దిశలో అణువు యొక్క ద్రవ్యవేగములోని మార్పు = తుది ద్రవ్యవేగము − తొలి ద్రవ్యవేగము = $-mv_x - mv_x = -2mv_x$

రేఖీయ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమము (law of conservation of linear momentum) ప్రకారము, గోడ యొక్క ద్రవ్యవేగములోని మార్పు $= 2mv_x$

అత్యల్ప కాల వ్యవధి Δt సమయములో పాత్ర కుడివైపు గోడను ఢీకొన్న అణువుల సంఖ్యను క్రింది విధముగా లెక్కించవచ్చును.

పాత్ర కుడివైపు గోడనుండి $v_x \Delta t$ దూరములో వుంటు కుడివైపుగా చలిస్తున్న ఒక అణువు Δt కాల వ్యవధిలో గోడను ఢీకొంటుంది. ఇది పటము (9.2) లో చూపబడినది. Δt కాల వ్యవధిలో పాత్ర కుడివైపు గోడను ఢీకొన్న అణువుల సంఖ్య అనునది ఘన పరిమాణము $(Av_x \Delta t)$ మరియు అణువుల యొక్క సంఖ్యా సాంద్రత (number density - n) ల లబ్ధమునకు సమానము. ఇక్కడ A గోడ వైశాల్యము (n) ప్రమాణ ఘన పరిమాణమునకు అణువుల సంఖ్య $\left(\frac{N}{V}\right)$ కాని ఘనము మొత్తము సంఖ్యా సాంద్రత ఒకటేనని మనము అనుకొనియున్నాము.



పటము 9.2 పాత్ర గోడను ఢీకొను అణువుల సంఖ్య

n అణువుల అన్నియూ కుడి వైపు చలించవు. సరాసరిగా n అణువులలో సగం కుడివైపునకు

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 167 28-02-2023 13:20:18

మిగిలిన సంగం ఎడమ వైపునకు చలిస్తాయి. Δt కాల వ్యవధిలో కుడివైపు గోడను ఢీకొను అణువుల సంఖ్య

$$= \frac{n}{2} A v_x \Delta t \qquad (9.1)$$

అదే Δt కాల వ్యవధిలో అణువులచే బదిలీ చేయబడిన మొత్తం ద్రవ్యవేగము

$$\Delta p = \frac{n}{2} A v_x \Delta t \times 2mv_x = Av_x^2 mn\Delta t \qquad (9.2)$$

న్యూటన్ రెండవ నియమము నుండి అత్యల్ప కాల వ్యవధిలో ద్రవ్యవేగములో కలిగిన మార్పు బలమునకు సమానము అవుతుంది.

గోడపై అణువులు కలిగించిన బలము (పరిమాణము పరముగా)

$$\mathrm{F} = \frac{\not{\Delta} p}{\not{\Delta} t} = nmAv_x^2 \qquad (9.3)$$

పీడనము = బలము / వైశాల్యము

$$\mathrm{P} = \frac{F}{A} = nmv_x^2 \qquad (9.4)$$

అన్ని అణువులు పూర్తిగా యాదృచ్ఛిక చలనములో ఉండుటచే వాటికి ఒకే రకమైన వేగము ఉండదు. కనుక సమీకరణము (9.4) v_x^2 అనే పదమునకు బదులుగా సరాసరి $\overline{v_x^2}$ ను మార్చి వ్రాయవలెను.

$$P = nm\overline{v_x^2} \qquad (9.5)$$

వాయువు యాదృచ్ఛిక చలనములో ఉన్నదని ఊహించినందువలన దానికి నిర్దిష్ట చలన దిశ ఉండదు (ఇక్కడ అణువులపై గురుత్వ ప్రభావము ఉపేక్షించబడినది) అనగా అన్ని మూడు దిశలలోనూ అణువు ఒకే విధమైన సరాసరి వేగమును కలిగి ఉంటుంది. కావున $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ అవుతుంది. అప్పుడు సగటు వేగ వర్గమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} = 3\overline{v_x^2}$$

$$\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$$

దీనిని సమీకరణము 9.5 లో ఉపయోగించగా

$$P = \frac{1}{3} nm\overline{v^2} \text{ లేదా } P = \frac{1}{3}\frac{N}{V} m\overline{v^2} \qquad (9.6)$$

$$\left[\text{ఇక్కడ } n = \frac{N}{V} \text{ కనుక}\right]$$

పై సమీకరణము నుండి క్రింది అనుమితిని చేయవచ్చును. ఒక అణువుచే ఏర్పరచబడిన పీడనము క్రింది అంశములపై ఆధారపడి ఉండును.

(i) **సంఖ్యా సాంద్రత** $n = \frac{N}{V}$ అనగా సంఖ్యా సాంద్రత పెరిగే కొద్దీ పీడనము కూడా పెరుగుతుంది. ఉదాహరణకు సైకిలు టైరు లేదా కారు టైరులోని ట్యూబు నందు గాలిని నింపునపుడు ముఖ్యముగా సంఖ్యా సాంద్రత పెరిగి తత్ఫలితముగా పీడనము పెరుగుతుంది.

(ii) **అణువులు యొక్క ద్రవ్యరాశి:** ద్రవ్యవేగము పాత్ర గోడలకు బదిలీ చెందుట వలన పీడనము ఉద్భవిస్తుంది. స్థిర వేగము వద్ద అధిక ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు అధిక ద్రవ్యవేగమును కలిగిస్తుంది. దీని వలన పీడనము పెరుగుతుంది.

(iii) **సగటు వేగ వర్గము (Mean square speed):** స్థిర ద్రవ్యరాశి గల వాయు అణువు వేగమును పెంచినట్లయితే దాని సరాసరి వేగము కూడా పెరుగుతుంది. ఫలితముగా పీడనము పెరుగుతుంది.

సరళం కొరకు ఘనాకార పాత్రను పరిగణనలోకి తీసుకొన్నాం. తుది సమీకరణము 9.6 లో వైశాల్యము లేదు కనుక పై ఫలితము ఎటువంటి ఆకారము గల పాత్రకైననూ సరిపోవునని తెలియుచున్నది. కనుక వాయు అణువులు గోడపై కలిగించే పీడనము, గోడ వైశాల్యము (A) పై ఆధారపడదు.

9.2.2 ఉష్ణోగ్రత యొక్క గతిజ వ్యక్తీకరణ (Kinetic interpretation of temperature)

ఇదే విధముగా ఉష్ణోగ్రత యొక్క పుట్టుకను సూక్ష్మంగా అర్థం చేసుకొనుటను సమీకరణము 9.6 ను మార్చి వ్రాయగా

$$P = \frac{1}{3}\frac{N}{V} m\overline{v^2}$$

$$PV = \frac{1}{3} Nm\overline{v^2} \qquad (9.7)$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 168 28-02-2023 13:20:25

సమీకరణము 9.7 ను ఆదర్శ వాయు సమీకరణము (ideal gas equation $PV=NkT$,) తో పోల్చగా

$$NkT=\frac{1}{3}Nm\overline{v^2}$$

$$kT=\frac{1}{3}m\overline{v^2} \qquad (9.8)$$

పై సమీకరణమును ఇరువైపులా 3/2 తో గుణించగా,

$$\frac{3}{2}kT=\frac{1}{2}m\overline{v^2} \qquad (9.9)$$

సమీకరణము 9.9 లో కుడివైపు (R.H.S) గల పదమును ఒక ఏక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి ($\overline{KE}$) అని అంటారు.

ఒక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి

$$\overline{KE}=\in=\frac{3}{2}kT \qquad (9.10)$$

వాయువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత అనునది ఆ వాయువులో ఒక అణువు యొక్క సరాసరి స్థానాంతర గతిజ శక్తి (average translational kinetic energy) కొలత అని సమీకరణము 9.9 తెలుపుచున్నది.

గమనిక

మీ మునుపటి తరగతులలో అభ్యసించిన ఉష్ణోగ్రత నిర్వచనముతో దీనిని పోల్చి చూడండి. ఉష్ణము లేదా శీతల పరిమితిని తెలుపు రాశిని ఉష్ణోగ్రత అంటారు.

సమీకరణము 9.10 వాయువు గతిజ సిద్ధాంతము నుండి వచ్చిన ఒక ముఖ్యమైన ఫలితము. ఈ సమీకరణము నుండి మనము క్రింది అంశములకు అనుమితి చెప్పవచ్చును.

(i) అణువు యొక్క సగటు గతిజ శక్తి ఆ వాయువు యొక్క పరమ ఉష్ణోగ్రత (absolute temperature) కు అనులోమానుపాతము (directly proportional) లో ఉంటుంది. సమీకరణము 9.9 స్థూల ప్రపంచము (ఉష్ణోగ్రత) నుండి సూక్ష్మ ప్రపంచము (అణువుల చలనము) నకు మధ్య గల సంబంధమును తెలుపుతుంది.

(ii) ప్రతి అణువు యొక్క సగటు గతిజ శక్తి వాయువు ఉష్ణోగ్రతపై మాత్రమే ఆధారపడి ఉంటుంది. కాని అణువు యొక్క ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడదు. అలాకాకుండా ఒక ఆదర్శ వాయువు (ideal gas) యొక్క ఉష్ణోగ్రతను ఉష్ణమాపకమును ఉపయోగించి కొలిచిన యెడల ప్రతి అణువు యొక్క సగటు గతిజ శక్తిని ఆ అణువు మన కంటితో నేరుగా చూడకుండానే లెక్కించవచ్చును.

వాయు అణువుల మొత్తం సంఖ్యను ప్రతి అణువు యొక్క సగటు గతిజ శక్తితో గుణించుట ద్వారా వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తి (Internal energy) ని పొందవచ్చును.

ఆదర్శ వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తి

$$U=N\left(\frac{1}{2}m\overline{v^2}\right)$$

సమీకరణము (9.9) ని ఉపయోగించగా

$$U=\frac{3}{2}NkT \qquad (9.11)$$

సమీకరణము (9.11) నుండి ఒక ఆదర్శ వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తి, పరమ ఉష్ణోగ్రతపై మాత్రమే ఆధారపడునని పీడనము మరియు ఘన పరిమాణముపై ఆధారపడదని మనకు అర్థమగుచున్నది.

ఉదాహరణ 9.1

27°C వద్ద ఉన్న ఒక కాలి బంతి 0.5 మోల్‌ల గాలి అణువులను కలిగి ఉన్నది. అయితే బంతిలోని గాలి యొక్క అంతర్గత శక్తిని లెక్కించండి

సాధన

ఆదర్శ వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తి = $\frac{3}{2}NkT$. గాలి అణువుల సంఖ్యను మోల్ సంఖ్య రూపములో ఇచ్చియున్నారు. కనుక సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$U=\frac{3}{2}\propto RT$$

$Nk=\mu R$ కనుక. ఇక్కడ μ అనునది మోల్ సంఖ్య

వాయు స్థిరాంకము $R=8.31\ \frac{\text{జౌల్}}{\text{మోల్ - కెల్విన్}}$

ఉష్ణోగ్రత T =273+27=300 కెల్విన్

$U=\frac{3}{2}\times 0.5\times 8.31\times 300=1869.75$ జౌల్

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 169 28-02-2023 13:20:29

ఇది 57 కి.గ్రా బరువు కలిగిన ఒక వ్యక్తి 8 మీసె$^{-1}$ వేగముతో పరుగెడుతున్నప్పుడు ఆ వ్యక్తి యొక్క గతిజ శక్తికి దాదాపు సమానముగా ఉంటుంది.

9.2.3 పీడనము మరియు సరాసరి గతిజ శక్తికి మధ్య గల సంబంధము (Relation between pressure and mean kinetic energy)

మునుపటి విభాగములో వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తి $U = \frac{3}{2}NkT$ అని తెలుసుకొన్నాము. ఈ సమీకరణమును క్రింది విధముగా కూడా వ్రాయవచ్చును.

$$U = \frac{3}{2}PV$$

$PV = NkT$ కనుక

$$P = \frac{2}{3}\frac{U}{V} = \frac{2}{3}u \qquad (9.12)$$

సమీకరణము (9.12) నుండి వాయువు యొక్క పీడనము అనునది ప్రమాణ ఘన పరిమాణ వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తిలో మూడింట రెండు వంతు (internal energy density) $\frac{2}{3}$ లేదా అంతర్గత శక్తి సాంద్రతలో మూడింట రెండవ వంతు $\frac{2}{3}$ కు సమానము అని చెప్పవచ్చును ($u = \frac{U}{V}$).

సమీకరణము (9.6) ను ఉపయోగించి పీడనమును సరాసరి గతిజశక్తి సాంద్రత పరముగా వ్రాసిన యెడల

$$P = \frac{1}{3}nm\overline{v^2} = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2} \qquad (9.13)$$

ఇక్కడ $\rho = nm$ = ద్రవ్యరాశి సాంద్రత (n అనునది సంఖ్యా సాంద్రత అని గుర్తించండి)

సమీకరణము (9.13) లో కుడివైపు భాగమును 2 చేత గుణించి భాగించగా

$$P = \frac{2}{3}\left(\frac{\rho}{2}\overline{v^2}\right) \qquad (9.14)$$

$$P = \frac{2}{3}\overline{KE}$$

సమీకరణము (9.14) నుండి పీడనము అనునది ప్రమాణ ఘన పరిమాణ వాయువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి లో 2/3 వంతుకు సమానము అని తెలియుచున్నది.

9.2.4 వాయు గతిజ సిద్ధాంతము నుండి పొందిన కొన్ని ప్రాథమిక ఉత్పాదనలు (Some elementary deductions from kinetic theory of gases)

బాయిల్ నియమము:

సమీకరణము (9.12) నుండి $PV = \frac{2}{3}U$ అని మనకు తెలుసు. కాని ఒక ఆదర్శ వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తి ప్రతి అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి ($\in$) యొక్క N రెట్లకు సమానము.

$$U = N\in$$

స్థిర ఉష్ణోగ్రత వద్ద సరాసరి స్థానాంతర గతిజ శక్తి $\in$ స్థిరముగా ఉంటుంది.

అనగా $PV = \frac{2}{3}N\in$ కావున PV = స్థిరాంకము

స్థిర ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక వాయువు యొక్క పీడనము దాని ఘన పరిమాణమునకు విలోమాను పాతములో ఉంటుంది. దీనినే బాయిల్ నియమము అంటారు

చార్లెస్ నియమము (Charles' law):

సమీకరణము (9.12) నుండి $PV = \frac{2}{3}U$ ను పొందియున్నాము. స్థిర పీడనము వద్ద ఒక వాయువు యొక్క ఘన పరిమాణము దాని అంతర్గత శక్తికి లేదా వాయు సరాసరి గతిజ శక్తికి అనులోమానుపాతములో ఉంటుంది. మరియు సరాసరి గతిజశక్తి దాని పరమ ఉష్ణోగ్రతకు అనులోమానుపాతములో ఉంటుంది. అనగా $V \alpha T$ లేదా $\frac{V}{T}$ = స్థిరాంకము దీనినే చార్లెస్ నియమము అంటారు.

అవగాడ్రో నియమము (Avogadro's law):

స్థిర ఉష్ణోగ్రత మరియు స్థిర పీడనముల వద్ద సమాన ఘన పరిమాణమును కలిగిన అన్ని వాయువులు సమాన సంఖ్యలోని అణువులను కలిగి ఉంటుంది. వాయు గతిజ సిద్ధాంతం ప్రకారము. ఒకే ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనముల వద్ద గల రెండు వేర్వేరు వాయువులకు సమీకరణము (9.6) నుండి క్రింది సమీకరణము వ్రాయవచ్చు.

$$P = \frac{1}{3}\frac{N_1}{V}m_1\overline{v_1^2} = \frac{1}{3}\frac{N_2}{V}m_2\overline{v_2^2} \qquad (9.15)$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 170 28-02-2023 13:20:33

ఇక్కడ $\overline{v_1^2}$ మరియు $\overline{v_2^2}$ లు రెండు వేర్వేరు వాయువుల సగటు వేగ వర్గములు మరియు N_1 మరియు N_2 లు రెండు వేర్వేరు వాయువులలోని వాయు అణువుల సంఖ్య

అదే ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక్కొక్క అణువుకు సరాసరి గతిజశక్తి ఆ రెండు వాయువులకు సమానముగా ఉంటుంది.

$$\frac{1}{2}m_1\overline{v_1^2} = \frac{1}{2}m_2\overline{v_2^2} \qquad (9.16)$$

సమీకరణము (9.15) ను (9.16) చే భాగించగా $N_1 = N_2$ అవుతుంది.

ఇది అవగాడ్రో నియమము కొన్ని సందర్భములలో దీనిని అవగాడ్రో పరికల్పన లేదా అవగాడ్రో సూత్రము అని కూడా పిలుస్తారు.

9.2.5 వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలము (Root mean square speed) (v_{rms})

వాయువులోని అన్ని అణువుల వేగ వర్గముల మధ్యమ విలువ యొక్క వర్గమూలమును వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలము అని నిర్వచించవచ్చును.

దీనిని $v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}}$ అని సూచిస్తారు.

సమీకరణము 9.8 ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును

సరాసరి వేగ వర్గము $\overline{v^2} = \frac{3kT}{m}$ (9.17)

వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలము

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}} \qquad (9.18)$$

సమీకరణము (9.18) నుండి మనము క్రింది అంశములను అనుమితి చేయవచ్చు

(i) వేగము వాయు ఉష్ణోగ్రత యొక్క వర్గమూలమునకు అనులోమానుపాతములోనూ మరియు అణువు ద్రవ్యరాశి యొక్క వర్గమూలమునకు విలోమానుపాతములోనూ ఉంటుంది. నిర్ధిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద సరాసరిగా అత్యల్ప ద్రవ్యరాశి గల అణువులు అధిక ద్రవ్యరాశి గల అణువుల కంటే అత్యంత వేగముగా చలిస్తాయి.

ఉదాహరణం ఒకే ఉష్ణోగ్రత వద్ద అత్యల్ప ద్రవ్యరాశులు కలిగిన (తేలికైన) అణువులు హైడ్రోజన్ మరియు హీలియం వంటి వాటికి అధిక ద్రవ్యరాశులు కలిగిన (భార) అణువులు ఆక్సిజన్ మరియు నైట్రోజన్ వంటి వాటి కంటే ఎక్కువ v_{rms} ఉంటుంది.

(ii) అణువుల యొక్క ఉష్ణోగ్రతను పెంచిన యెడల వాటికి r.m.s వేగము పెరుగుతుంది R ను వాయు స్థిరాంకము (9.18) పరముగా కూడా వ్రాయవచ్చును. సమీకరణము 9.18 ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$v_{rms} = \sqrt{\frac{3N_Akt}{N_Am}}$ ఇక్కడ N_A అనునది అవగాడ్రో సంఖ్య

$N_Ak = R$ మరియు $N_Am = M$ (మోలార్ ద్రవ్యరాశి) కనుక

వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలము లేదా r.m.s వేగము

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \qquad (9.19)$$

సమీకరణము 9.6 ను కూడా r.m.s వేగము పరముగా వ్రాయవచ్చు.

$P = \frac{1}{3}nmv^2_{rms}$ $v^2_{rms} = \overline{v^2}$ కనుక

గమనిక

వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలము అనునది సరాసరి వేగమునకు సమానము కాదు. సరాసరి వేగము అనునది r.m.s వేగమునకు 0.92 రెట్లు ఉంటుంది.

ప్రకృతిలో v_{rms} యొక్క ప్రభావములు:

1. **చంద్రునిపై వాతావరణము లేదు.**
చంద్రునిపై అల్ప గురుత్వాకర్షణ ఉండుట వలన చంద్రుని ఉపరితలము మీద గల వాయువుల వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలము r.m.s వేగము కంటే వాటి పలాయన వేగము

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 171 28-02-2023 13:20:39

(escape velocity) తక్కువగా ఉన్నది. కావున చంద్రుని ఉపరితలముపై గల అన్ని వాయువుల పలాయనం (escape) చెందియున్నవి.

2. **భూ ఉపరితలములో హైడ్రోజన్ లేదు.**
నైట్రోజన్ కంటే హైడ్రోజన్ యొక్క వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలము (rms వేగము) చాలా ఎక్కువ కనుక హైడ్రోజన్ వాయువు సులభముగా భూ వాతావరణము నుండి పలాయనము చెందుతుంది. వాస్తవానికి చర్యా రహిత నైట్రోజన్ వాయువునకు బదులుగా, భూ వాతావరణములో హైడ్రోజన్ వాయువు ఆవరించి ఉన్నట్లయితే అది అనేక రకముల ఆపత్కర ప్రభావములను సృష్టించి యుంటుంది.

ఉదాహరణ 9.2

ఒక గదిలో ఆక్సిజన్ మరియు హైడ్రోజన్ అణువులు 3:1 నిష్పత్తిలో ఉన్నవి. గది యొక్క ఉష్ణోగ్రత 27°C. O_2 యొక్క మోలార్ ద్రవ్యరాశి 32 గ్రా మోల్$^{-1}$ మరియు H_2 యొక్క మోలార్ ద్రవ్యరాశి 2 గ్రా మోల్$^{-1}$ వాయు స్థిరాంకము R విలువ 8.32 జౌల్ మోల్$^{-1}$ కెల్విన్$^{-1}$

అయితే

అ) ఆక్సిజన్ మరియు హైడ్రోజన్ అణువుల rms వేగము

ఆ) ఒక ఆక్సిజన్ అణువు మరియు ఒక హైడ్రోజన్ అణువు సరాసరి గతిజ శక్తి

ఇ) ఆక్సిజన్ మరియు హైడ్రోజన్ అణువుల సరాసరి గతిజశక్తుల నిష్పత్తిని లెక్కించండి.

సాధన

అ) పరమ ఉష్ణోగ్రత
T=27°C =27+273=300 K.

వాయు స్థిరాంకము R=8.32 J mol^{-1} k^{-1}

ఆక్సిజన్ అణువునకు మోలార్ ద్రవ్యరాశి
M=32 గ్రా =32 x 10^{-3} kg mol^{-1}

rms వేగము $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3\times8.32\times300}{32\times10^{-3}}}$

$= 483.73$ మీ. సె$^{-1}$ ≈ 484 మీ. సె$^{-1}$

హైడ్రోజన్ అణువునకు మోలార్ ద్రవ్యరాశి:

$$M = 2 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}$$

rms వేగము $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3\times8.32\times300}{2\times10^{-3}}}$

$= 1934$ మీ సె$^{-1}$ $= 1.93$ కి మీ సె$^{-1}$

rms వేగము $\sqrt{M}$ కు విలోమాను పాతములో ఉంటుంది మరియు ఆక్సిజన్ యొక్క మోలార్ ద్రవ్యరాశి హైడ్రోజన్ మోలార్ ద్రవ్యరాశి 16 రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. దీని నుండి ఒకే ఉష్ణోగ్రత వద్ద హైడ్రోజన్ యొక్క rms వేగము ఆక్సిజన్ యొక్క rms వేగమునకు 4 రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుందని అర్థమగుచున్నది. $\frac{1934}{484} \oplus 4$.

(ఆ) ఒక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజశక్తి $\frac{3}{2}kT$ ఉంటుంది. ఇది వాయువు యొక్క పరమ ఉష్ణోగ్రతపై మాత్రమే ఆధారపడి ఉంటుంది. అణువుల స్వభావముపై ఆధారపడదు. రెండు వాయువుల అణువులు ఒకే ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉండుటచే ఒక్కొక్క అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి ఒకే విలువను కలిగి ఉంటుంది. k ను బోల్ట్జ్‌మెన్ స్థిరాంకము అంటారు.

$$\frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}\times1.38\times10^{-23}\times300 = 6.21\times10^{-21} J$$

(ఇ) మొత్తం ఆక్సిజన్ అణువుల యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి $= \frac{3}{2} N_O kT$ గా ఉంటుంది. ఇక్కడ N_o- గదిలోని ఆక్సిజన్ అణువుల సంఖ్య

మొత్తం హైడ్రోజన్ అణువుల యొక్క సరాసరి గతిజశక్తి $= \frac{3}{2} N_H kT$ గా ఉంటుంది. ఇక్కడ N_H- గదిలోని హైడ్రోజన్ అణువుల సంఖ్య

దత్తాంశము ప్రకారము ఒక గదిలోని ఆక్సిజన్ అణువులు హైడ్రోజన్ అణువుల కంటే 3 రెట్లు ఎక్కువ. కావున ఆక్సిజన్ అణువుల సరాసరి గతిజ శక్తికి మరియు హైడ్రోజన్ అణువుల సరాసరి గతిజ శక్తికి మధ్య గల నిష్పత్తి 3:1 అవుతుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 172 28-02-2023 13:20:44

9.2.6 సరాసరి (average) లేదా మధ్యమ (Mean) వేగము ($\bar{v}$)

వాయువులని అన్ని అణువుల వేగము యొక్క మధ్యమము లేదా సరాసరిని సరాసరి వేగము (average speeds) అని అంటారు. ఒక్కొక్క అణువు వేగమును v_1, v_2, v_3.....v_N అని తీసుకొన్న యెడల

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 ..... + v_n}{N} = \sqrt{\frac{8RT}{\neq M}} = \sqrt{\frac{8kT}{\neq m}} \quad (9.20)$$

ఇక్కడ M- మోలార్ ద్రవ్యరాశి మరియు m అణువు యొక్క ద్రవ్యరాశి అవుతుంది.

$$\bar{v} = 1.60\sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (9.21)$$

9.2.7 అత్యంత సంభావ్యతా వేగము (Most probable speed) (V_{mp})

వాయువులో ఎక్కువ సంఖ్యలోని అణువులు పొందే వేగమును అత్యంత సంభావ్యతా వేగము అంటారు.

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad (9.22)$$

$$v_{mp} = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (9.23)$$

సమీకరణము (9.20) మరియు (9.22) ఉత్పాదనలను మనము పై తరగతులలో చర్చిద్దాం.

v_{rms}, $\bar{v}$ మరియు v_{mp} లను పోల్చుట.

వేగములలో v_{rms} అధిక విలువను v_{mp} అల్ప విలువను కలిగి ఉంటుంది.

$$v_{rms} > \bar{v} > v_{mp}$$

నిష్పత్తి పరముగా,

$$v_{rms} : \bar{v} : v_{mp} = \sqrt{3} : \sqrt{8/\neq} : \sqrt{2} = 1.732 : 1.6 : 1.414$$

ఉదాహరణ 9.3

ఒక వాయువు నందలి కణములు 2, 3, 4, 5, 5, 5, 6, 6, 7 మరియు 9 మీ.సె$^{-1}$ వేగముతో చలిస్తున్నవి. అయితే వాటి rms వేగము సరాసరి వేగము మరియు అత్యంత సంభావ్యతా వేగమును లెక్కించండి.

సాధన

సరాసరి వేగము

$$\bar{v} = \frac{2+3+4+5+5+5+6+6+7+9}{10} = 5.2 \text{ మీసె}^{-1}$$

rms వేగమును లెక్కించుటకు మొదట సగటు వేగ వర్గము $\overline{v^2}$ ను లెక్కించాలి.

$$\overline{v^2} = \frac{2^2+3^2+4^2+5^2+5^2+5^2+6^2+6^2+7^2+9^2}{10}$$

$$= 30.6 \text{ మీ}^2 \text{ సె}^{-2}$$

rms వేగము

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{30.6} = 5.53 \text{ మీసె}^{-1}$$

అత్యంత సంభావ్యతా వేగము 5 మీ సె$^{-1}$ ఎందుకనగా మూడు కణములు ఈ వేగ విలువను కలిగియున్నవి.

ఉదాహరణ 9.4

300 K ఉష్ణోగ్రత వద్ద గల 1 మోల్ హైడ్రోజన్ వాయువు అణువుల యొక్క rms వేగము, సరాసరి వేగము మరియు అత్యంత సంభావ్యతా వేగములను లెక్కించండి. ఇక్కడ ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని ఉపేక్షించండి.

సాధన

హైడ్రోజన్ పరమాణువు ఒక ప్రోటాన్ మరియు ఒక ఎలక్ట్రాన్ కలిగి ఉంటుంది. ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశితో పోల్చినపుడు ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని ఉపేక్షించవచ్చును.

ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి = 1.67×10^{-27} కిగ్రా.

ఒక హైడ్రోజన్ అణువు = రెండు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు = $2 \times 1.67 \times 10^{-27}$ కి.గ్రా.

సరాసరి వేగము

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\neq m}} = 1.60\sqrt{\frac{kT}{m}} =$$

$$1.60\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.78\times10^{3} \text{ మీ.సె}^{-1}$$

(బోల్ట్జ్‌మెన్ స్థిరాంకము k = 1.38×10^{-23} $J K^{-1}$)

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 173 28-02-2023 13:20:48

rms వేగము $v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$

$= 1.73\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.93\times10^{3}$ మీసె$^{-1}$

అత్యంత సంభావ్యతా వేగము

$v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$

$= 1.41\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.57\times10^{3}$ మీసె$^{-1}$

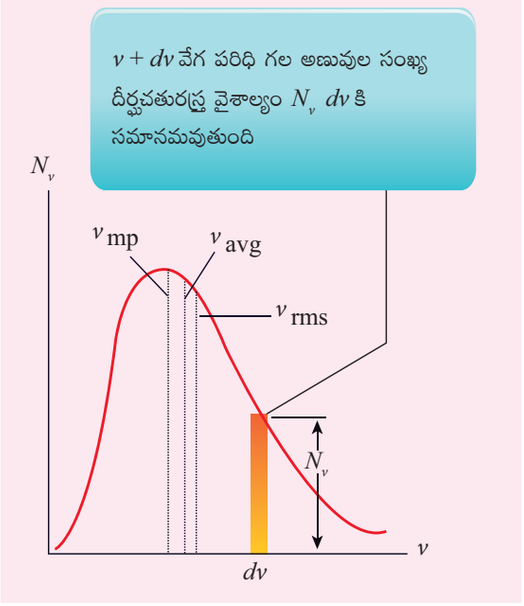
ఇక్కడ $v_{rms} > \bar{v} > v_{mp}$ అనే విషయాన్ని గుర్తించండి.

9.2.8 మాక్స్‌వెల్ బోల్ట్జ్‌మెన్ వేగ విభజన ప్రమేయము (Maxwell-Boltzmann speed distribution function)

ఒక తరగతి గదిలో గాలి అణువులు యాదృచ్ఛిక దిశలో చలిస్తుంటాయి. ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనము వంటి స్థూల పరామితులను స్థిరముగా ఉంచినప్పటికీ ప్రతి అణువు యొక్క వేగము ఒకే విధముగా ఉండదు. ప్రతి అణువు మరొక అణువుతో ఢీకొని (అభిఘాతం చెంది) అవి తమ వేగములను పరస్పరం మార్చుకొంటాయి. మునుపటి భాగములో మనము ప్రతి అణువు యొక్క rms వేగమును లెక్కించాము కాని ప్రతి అణువు యొక్క వేగమును విడివిడిగా లెక్కించలేదు. ఎందుకనగా ఒక్కొక్క అణువు యొక్క వేగమును విడివిడిగా లెక్కించుట అత్యంత క్లిష్టతరముగా ఉంటుంది. ఇటువంటి పరిస్థితులలో 5 మీసె$^{-1}$ నుండి 10 మీసె$^{-1}$ లేదా 10 మీసె$^{-1}$ నుండి 15 మీసె$^{-1}$ వంటి వేగ పరిధి గల అణువుల సంఖ్యను లెక్కించ సాధ్యమవుతుంది. కనుక సాధారణముగా v నుండి $v + dv$ అనే వేగ పరిధి గల వాయు అణువుల సంఖ్యను లెక్కించుటకు మనము సముఖతను చూపిస్తాము. ఇది మాక్స్ వెల్ బోల్ట్జ్‌మెన్ వేగ విభజన ప్రమేయము ద్వారా క్రింది విధముగా తెలుపబడుతుంది.

$$N_v = 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \qquad (9.24)$$

పై సమీకరణమును రేఖా చిత్రము (graph) ద్వారా క్రింది విధంగా తెలుపవచ్చును.



పటము 9.3 మాక్స్‌వెల్ అణు వేగ విభజన

పటము (9.3) నుండి ఇవ్వబడిన ఉష్ణోగ్రతకు తక్కువ వేగమును కలిగియున్న అణువుల సంఖ్య పరావలయ మార్గము (v^2) లో పెరిగి అత్యంత సంభావ్యత వేగమును చేరిన తరువాత ($e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$) ఘాతాంక విలువతో తగ్గుతుందని స్పష్టంగా తెలియుచున్నది. పటము (9.3) నందు rms వేగము సరాసరి వేగము మరియు అత్యంత సంభావ్యతా వేగములు గుర్తించబడియున్నాయి. ఈ మూడింటిలో rms వేగము ఎక్కువగా ఉండుటను చూడగలదు.

50 మీసె$^{-1}$ మరియు 60 మీసె$^{-1}$ వేగ పరిధిలోని అణువుల సంఖ్యను తెలుసుకొనుటకు మనము సమాకలనము (Integrate) చేయాలి.

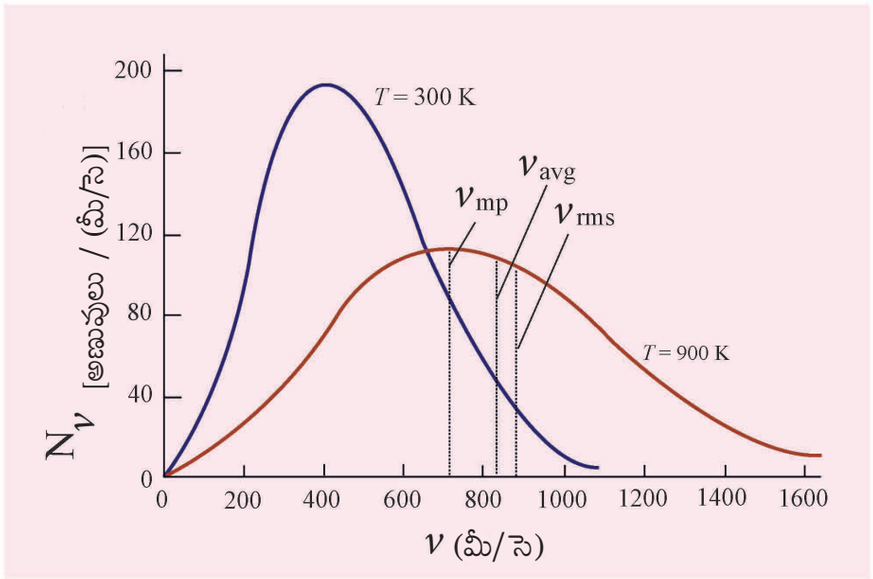
$$\int_{50}^{60} 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv = \quad N \text{ (50 నుండి 60 మీ. సె}^{-1}\text{)}$$

సాధారణముగా v నుండి v+dv వేగ పరిధిలో గల అణువుల సంఖ్యను క్రింది విధంగా తెలుపవచ్చు.

$$\int_{v}^{v+dv} 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv = N(v \text{ to } v+dv)\,.$$

పై సమీకరణమును ఉత్పాదించుట గురించి పై తరగతులలో అభ్యసిద్దాం. ప్రస్తుతం రేఖాచిత్రము

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 174 28-02-2023 13:20:51



పటము 9.4 రెండు వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతలకు మాక్స్‌వెల్ విభజన రేఖాచిత్రము

గమనిక ఆశ్చర్యకరమైన విషయము ఏమనగా వాయు అణువులు ఒక్కసారి సమతాస్థితిని పొందిన తరువాత ఇవ్వబడిన వేగ పరిధిలో ఉన్న మొత్తము వాయు అణువుల సంఖ్య మారదు. ఉదాహరణకు ఒక వాయు అణువు 12 మీసె$^{-1}$ తొలి వేగముతో చలిస్తూ, ఇతర అణువుతో ఢీకొని తన వేగమును 9 మీసె$^{-1}$ కు మార్చుకొన్నది. ఢీకొన్న ఆ ఇతర అణువు ప్రారంభంలో ఏదో ఒక వేగముతో చలించి మరొక అణువుతో ఢీకొని తన వేగమును 12 మీసె$^{-1}$ కు మార్చుకొన్నది. ఈ విధముగా వాయు అణువులు సమతాస్థితిని పొందిన తరువాత ఇవ్వబడిన వేగ పరిధిలో (అనగా v నుండి v+dv అనే వేగ పరిధి) ఉన్న వాయు అణువుల సంఖ్యలో మార్పు ఉండదు.

నుండి వాయు అణువుల స్వభావమునకు అనుమితిని వ్రాద్దాం.

(i) రేఖాచిత్రములో క్రింది భాగమున గల వైశాల్యము వ్యవస్థలోని వాయు అణువుల సంఖ్యను తెలియజేస్తుంది.

(ii) పటము 9.4 రెండు వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతలకు వేగ విభాగమును సూచిస్తుంది. ఉష్ణోగ్రత పెరిగే కొలది వక్రరేఖ యొక్క శిఖరము కుడివైపుకు జరుగుతుంది. అనగా ప్రతి అణువు యొక్క సరాసరి వేగము పెరుగుతుంది. కాని రేఖాచిత్రములోని వైశాల్యము మార్పు లేదు. ఎందుకనగా అది మొత్తం వాయు అణువుల సంఖ్యను తెలియజేస్తుంది.

9.3 స్వాతంత్ర్య పరిమితులు (DEGREES OF FREEDOM)

9.3.1 నిర్వచనము (Definition)

ఒక త్రిమితీయ ఆవరణములోని ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ (*thermo-dynamical system*) యొక్క స్థితి మరియు విన్యాసమును వివరించుటకు అవసరమైన స్వాతంత్ర్య నిరూపకాక్షముల కనిష్ట సంఖ్యను స్వాతంత్ర్య పరిమితులు అంటారు.

ఉదాహరణలు:

1. ఒక స్వేచ్ఛా కణము x-అక్షము దిశగా చలిస్తున్నపుడు దానిని గురించి పూర్తిగా వివరించుటకు మనకు ఒక నిరూపకాక్షము మాత్రమే అవసరమవుతుంది. కనుక దీని స్వాతంత్ర్య పరిమితులు ఒకటి.

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 175 28-02-2023 13:20:52

2. ఒక తలముపై చలించే కణమునకు స్వాతంత్ర్య పరిమితులు రెండు.
3. అదే విధముగా ఒక ఆవరణములో చలించు కణమునకు స్వాతంత్ర్య పరిమితులు మూడు.

ఒక పాత్రలో N సంఖ్యలో వాయు అణువులు ఉన్నట్లయితే మొత్తం స్వాతంత్ర్య పరిమితుల సంఖ్య $f = 3N$

వ్యవస్థలో అణువుల చలనము అడ్డుకొనే అవరోధములు q సంఖ్యలో ఉన్నట్లయితే స్వాతంత్ర్య పరిమితుల సంఖ్య తగ్గి అది $f = 3N-q$ కు సమానము అవుతుంది. ఇక్కడ N అనునది కణముల సంఖ్య.

9.3.2 ఏక పరమాణుక అణువు (Monoatomic molecule)

ఒక ఏక పరమాణుక అణువు యొక్క స్వభావము వలన దానికి మూడు స్థానాంతర (translational) స్వాతంత్ర్య పరిమితులు ఉంటాయి.

కనుక $f = 3$

ఉదాహరణ: హీలియం, నియాన్, ఆర్గాన్

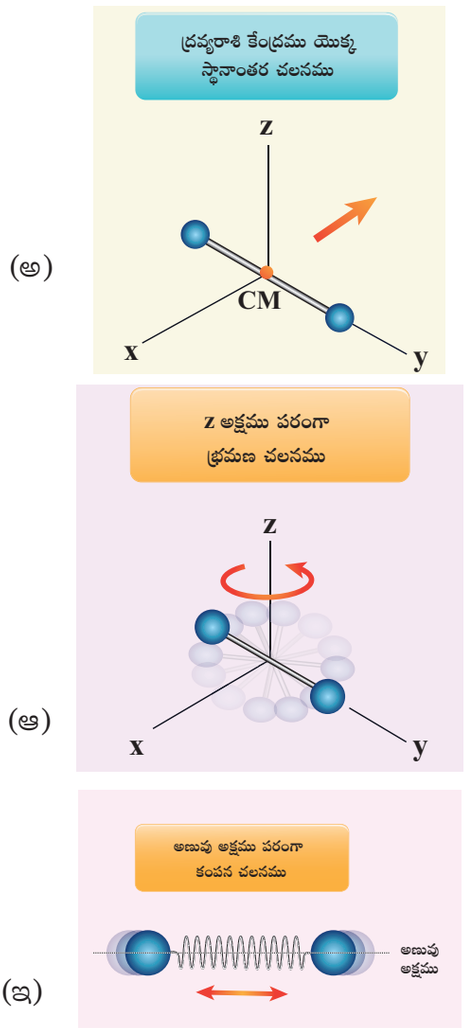
9.3.3 ద్వి పరమాణుక అణువు (Diatomic molecule)

ఇందులో రెండు సందర్భములు కలవు.

1. సాధారణ ఉష్ణోగ్రత వద్ద

ద్వి పరమాణుక వాయు అణువు నందు రెండు పరమాణువులు ఒకదానినొకటి ఒక ఆకర్షణ బలముచే బంధించబడి ఉంటాయి. భౌతికముగా ఈ అణువును ద్రవ్యరాశి రహిత స్థితిస్థాపక స్ప్రింగు చివరలలో అమర్చబడిన రెండు బిందు ద్రవ్యరాశుల వ్యవస్థగా పరిగణించవచ్చును.

ఈ వ్యవస్థ యొక్క ద్రవ్యరాశి కేంద్రము ద్వి పరమాణుక అణువు యొక్క ద్రవ్యరాశి కేంద్రము వద్ద ఉంటుంది. కనుక ద్రవ్యరాశి కేంద్ర చలనమునకు పటము 9.5(అ). లో చూపినట్లు మూడు స్థానాంతర స్వాతంత్ర్య పరిమితులు అవసరమవుతాయి. దీనితో బాటు ద్వి పరమాణుక అణువు ఒకదానితో ఒకటి లంబముగా గల అక్షముల వెంబడి భ్రమణము చేస్తుంది (పటము



పటము 9.5 ద్వి పరమాణుక అణువు యొక్క స్వాతంత్ర్య పరిమితులు

9.5 ఆ) అయితే తన స్వీయ భ్రమణాక్షము పరముగా గల జడత్వ భ్రామకము (moment of inertia) ఉపేక్షించదగినది (పటము 9.5 లో y అక్షము పరముగా) కనుక దీని రెండు భ్రమణ స్వాతంత్ర్య పరిమితులు మాత్రమే ఉంటాయి. ఒక భ్రమణము Z అక్షము పరముగా మరొక భ్రమణము X అక్షము పరముగా ఉంటుంది. అప్పుడు పూర్తిగా ఐదు స్వాతంత్ర్య పరిమితులు ఉంటాయి.

$$f = 5$$

2. అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద

5000 K వంటి అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్వి పరమాణుక అణువు కంపన చలనము వలన రెండు

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 176 28-02-2023 13:20:52

స్వాతంత్ర్య పరిమితులను కలిగి ఉంటుంది. (ఒకటి గతిజ శక్తి వలన కంపనము, రెండవది స్థితిజ శక్తి వలన పటము 9.5c) కనుక మొత్తము ఏడు స్వాతంత్ర్య పరిమితులు ఉంటాయి.

$$f = 7$$

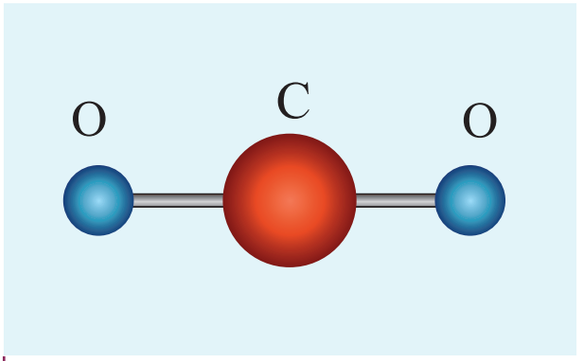
ఉదాహరణ: హైడ్రోజన్, నైట్రోజన్, ఆక్సిజన్

9.3.4 త్రి పరమాణుక అణువులు (Triatomic molecules)

ఇందులో రెండు సందర్భములు కలవు.

రేఖీయ త్రి పరమాణుక అణువు

పటము 9.6 లో చూపినట్లు ఈ రకములో రెండు పరమాణువులు కేంద్రక పరమాణువుకు ఇరువైపులా అమరి ఉంటాయి.



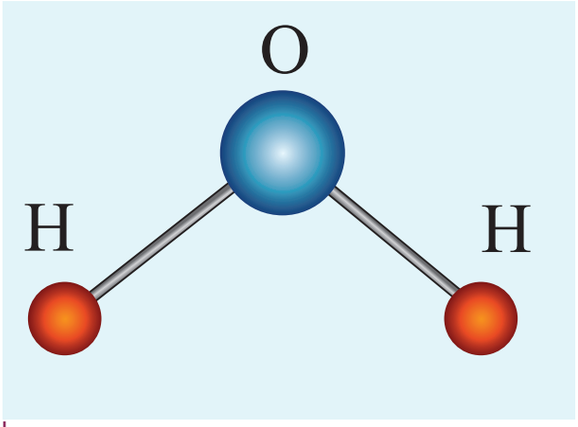
పటము 9.6 ఒక రేఖీయ త్రి పరమాణుక అణువు

రేఖీయ త్రి పరమాణుక అణువునకు మూడు స్థానాంతర స్వాతంత్ర్య పరిమితులు ఉంటాయి. దీనితో బాటు రెండు భ్రమణ స్వాతంత్ర్య పరిమితులు ఉంటాయి. ఎందుకనగా మధ్యలో చేరిన అదనపు పరమాణువు తప్ప అది ద్వి పరమాణుక అణువును పోలి ఉంటుంది. సాధారణ ఉష్ణోగ్రత వద్ద రేఖీయ త్రి పరమాణుక అణువు ఐదు స్వాతంత్ర్య పరిమితులను కలిగి ఉంటుంది. అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద అదనముగా రెండు కంపన స్వాతంత్ర్య పరిమితులను కలిగి ఉంటుంది. కనుక రేఖీయ త్రి పరమాణుక అణువునకు ఏడు స్వాతంత్ర్య పరిమితులు ఉంటాయి.

ఉదాహరణ: కార్బన్ డై ఆక్సైడు.

రేఖీయం కాని త్రి పరమాణుక అణువు

పటము (9.7) లో చూపినట్లు ఈ సందర్భములో మూడు అణువులు ఒక త్రిభుజ శీర్షము వద్ద అమరియుంటాయి.



పటము 9.7 ఒక రేఖీయం కాని త్రి పరమాణుక అణువు

రేఖీయము కాని త్రి పరమాణుక అణువులో పరస్పరం మూడు లంబకోణ అక్షముల పరముగా మూడు స్థానాంతర స్వాతంత్ర్య పరిమితులు మరియు మూడు భ్రమణ స్వాతంత్ర్య పరిమితులు కలిగి మొత్తము ఆరు స్వాతంత్ర్య పరిమితులు ఉంటాయి, f = 6.

ఉదాహరణ: నీరు, సల్ఫర్ డై ఆక్సైడు.

9.4 శక్తి సమ విభజన నియమము (LAW OF EQUIPARTITION OF ENERGY)

(9.2.1) విభాగము నుండి x-దిశలో చలించు ఒక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి $\frac{1}{2}m\overline{v_x^2} = \frac{1}{2}kT$ అని తెలుసుకొన్నాము.

అదే విధంగా అణువు y-దిశలో చలించినపుడు $\frac{1}{2}m\overline{v_y^2} = \frac{1}{2}kT$ మరియు z దిశలో చలించినపుడు $\frac{1}{2}m\overline{v_z^2} = \frac{1}{2}kT$ అవుతుంది.

గతిజ సిద్ధాంతం ప్రకారం, T ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉష్ణ సమతాస్థితిలో గల అణువుల వ్యవస్థ యొక్క సరాసరి

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 177 28-02-2023 13:20:55

గతిజశక్తి ఏకరీతిగా అన్ని స్వాతంత్ర్య పరిమితులు (x లేదా y లేదా చలన దిశలు) కు విభజించబడుతుంది. కనుక ఒక్కొక్క స్వాతంత్ర్య పరిమితి $\frac{1}{2}kT$ శక్తిని పొందుతుంది. దీనినే శక్తి సమ విభజన నియమము అంటారు.

ఒక ఏక పరమాణుక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజశక్తి, (f=3) = $3\times\frac{1}{2}kT=\frac{3}{2}kT$

అల్ప ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక ద్వి పరమాణుక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి (f = 5) = $5\times\frac{1}{2}kT=\frac{5}{2}kT$

అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక ద్వి పరమాణుక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి (f =7) = $7\times\frac{1}{2}kT=\frac{7}{2}kT$

రేఖీయ త్రి పరమాణుక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజశక్తి (f = 7) = $7\times\frac{1}{2}kT=\frac{7}{2}kT$

రేఖీయము కాని త్రి పరమాణుక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి (f = 6) = $6\times\frac{1}{2}kT=3kT$

9.4.1 ఒక వాయువు యొక్క విశిష్టోష్ణములో శక్తి సమ విభజన నియమము యొక్క అనువర్తనము (Application of law of equipartition energy in specific heat of a gas)

ఒక మోల్ ఆదర్శ వాయువు యొక్క రెండు విశిష్టోష్ణము (specific heat) లను మేయర్ సంబంధము $C_P - C_V = R$ అనుసంధానం చేస్తుంది.

$C_P - C_V$ విలువను లెక్కించుటకు మరియు వాటి మధ్య గల నిష్పత్తి $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ ని తెలుసుకొనుటకు శక్తి సమ విభజన నియమము ఉపయోగపడుతుంది. ఇందులో γ ను స్థిరోష్ణక ఘాతాంకము (adiabatic exponent) అని పిలుస్తారు.

i) ఏక పరమాణుక అణువు

ఒక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి

$$= \left[\frac{3}{2}kT\right]$$

ఒక మోల్ వాయువు యొక్క మొత్తం శక్తి

$$= \frac{3}{2}kT\times N_A = \frac{3}{2}RT$$

స్థిర ఘన పరిమాణము వద్ద ఒక మోల్‌కు మోలార్ విశిష్టోష్ణము $C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{d}{dT}\left[\frac{3}{2}RT\right]$

$$C_V = \left[\frac{3}{2}R\right]$$

$$C_P = C_V + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$$

విశిష్టోష్ణముల నిష్పత్తి,

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3} = 1.67$$

ii) ద్వి పరమాణుక అణువు

అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక ద్వి పరమాణుక అణువు యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి = $\frac{5}{2}kT$

ఒక మోల్ వాయువు యొక్క మొత్తం శక్తి

$$= \frac{5}{2}kT\times N_A = \frac{5}{2}RT$$

(ఇక్కడ మొత్తం శక్తి గతిజముగా ఉంటుంది)

స్థిర ఘన పరిమాణము వద్ద ఒక మోల్‌కు విశిష్టోష్ణము

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \left[\frac{5}{2}RT\right] = \frac{5}{2}R$$

కాని $C_P = C_V + R = \frac{5}{2}R + R = \frac{7}{2}R$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R} = 7/5 = 1.40$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 178 28-02-2023 13:21:06

అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్వి పరమాణుక అణువు యొక్క శక్తి $\frac{7}{2}RT$ నకు సమానము

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \left[\frac{7}{2}RT\right] = \frac{7}{2}R$$

$$\therefore C_P = C_V + R = \frac{7}{2}R + R$$

$$C_P = \frac{9}{2}R$$

C_V మరియు C_P విలువలు ఏక పరమాణుక అణువుల కంటే ద్వి పరమాణుక అణువులకు ఎక్కువగా ఉంటాయి. అనగా ఏక పరమాణుక అణువుల ఉష్ణోగ్రతను 1°C పెంచుటకు కావలసిన ఉష్ణము ఎక్కువ అని అర్థము.

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{9}{2}R}{\frac{7}{2}R} = \frac{9}{7} = 1.28$$

iii) త్రి పరమాణుక అణువు

అ) రేఖీయ అణువు

ఒక మోల్ అణువు యొక్క శక్తి $= \frac{7}{2}kT \times N_A = \frac{7}{2}RT$

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{d}{dT}\left[\frac{7}{2}RT\right]$$

$$C_V = \frac{7}{2}R$$

$$C_P = C_V + R = \frac{7}{2}R + R = \frac{9R}{2}$$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{9}{2}R}{\frac{7}{2}R} = \frac{9}{7} = 1.28$$

ఆ) రేఖీయము కాని అణువు

ఒక మోల్ అణువు యొక్క శక్తి

$$\frac{6}{2}kT \times N_A = \frac{6}{2}RT = 3RT$$

$$C_V = \frac{dU}{dT} = 3R$$

$$C_P = C_V + R = 3R + R = 4R$$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{4R}{3R} = \frac{4}{3} = 1.33$$

వాయువుల గతిజ సిద్ధాంతం ప్రకారం స్థిర ఘన పరిమాణము మరియు స్థిర పీడనముల వద్ద వాయువుల విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము దాని ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడదని గుర్తించాలి. కాని వాస్తవానికి ఇది సరయైనది కాదు. ఎందుకనగా విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము ఉష్ణోగ్రతతో బాటు మారుతుంది.

ఉదాహరణ 9.5

సాధారణ ఉష్ణోగ్రత (27°C) వద్ద గల μ_1 మోల్‌ల ఏక పరమాణుక వాయువు మరియు μ_2 మోల్‌ల ద్వి పరమాణుక వాయువు మిశ్రమము యొక్క స్థిరోష్ణక ఘాతాంకము (adiabatic exponent) γ ను కనుగొనుము.

సాధన

ఒక మోల్ ఏక పరమాణుక వాయువు యొక్క విశిష్టోష్ణము $C_V = \frac{3}{2}R$

అయితే μ_1 మోల్‌కు, $C_V = \frac{3}{2}\mu_1 R \quad C_P = \frac{5}{2}\mu_1 R$

ఒక మోల్ ఏక పరమాణుక వాయువు యొక్క విశిష్టోష్ణము

$$C_V = \frac{5}{2}R$$

అయితే μ_2 మోల్‌కు, $C_V = \frac{5}{2}\mu_2 R \quad C_P = \frac{7}{2}\mu_2 R$

స్థిర ఘన పరిమాణము వద్ద ఈ మిశ్రమము యొక్క విశిష్టోష్ణము $C_V = \frac{3}{2}\mu_1 R + \frac{5}{2}\mu_2 R$

స్థిర పీడనము వద్ద ఈ మిశ్రమము యొక్క విశిష్టోష్ణము $C_P = \frac{5}{2}\mu_1 R + \frac{7}{2}\mu_2 R$

స్థిరోష్ణక ఘాతాంకము $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5\propto_1 + 7\propto_2}{3\propto_1 + 5\propto_2}$

9.5 సగటు స్వేచ్ఛా పథము (MEAN FREE PATH)

సాధారణ గది ఉష్ణోగ్రత (27°C) వద్ద కూడా వాయు అణువుల సరాసరి వేగము సెకనుకు అనేక

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 179 28-02-2023 13:21:13

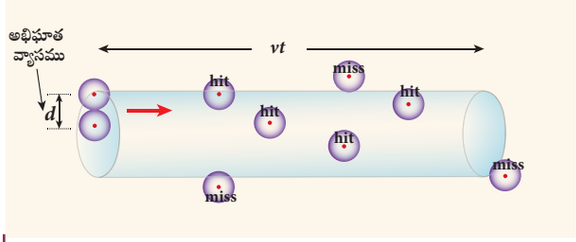
వందల మీటర్లు ఉంటుంది. ఒక గదిలో తెరచి ఉంచిన పరిమళ ద్రవ్యపు సీసా నుండి సువాసనలు మనము గదికి దగ్గరగా ఉన్ననూ అది మనల్ని చేరడానికి కొంత సమయము తీసుకొంటుంది. ఈ కాలయాపనమునకు కారణమేమనగా సువాసనను వెదజల్లు అణువులు ప్రయాణ మార్గములో గల గాలి అణువులచే అనేక అభిఘాతములు జరిగి మనలను నేరుగా చేరలేక వంకర మార్గంలో (zigzag path) పయనిస్తాయి. రెండు వరుస అభిఘాతముల మధ్య అణువులు ప్రయాణించే సరాసరి దూరమును సగటు స్వేచ్ఛా పథము (λ) అని అంటారు. మనము సగటు స్వేచ్ఛా పథమును గతిజ సిద్ధాంతం ఆధారముగా లెక్కించవచ్చును.

సగటు స్వేచ్ఛా పథమునకు సమీకరణము

గతిజ సిద్ధాంత ప్రతిపాదనల నుండి వాయు అణువులు యాదృచ్ఛిక చలనంలో ఉంటూ అణువులు ఒకదానితో మరొకటి అభిఘాతము చెందుతాయని తెలుసుకొన్నాము. రెండు వరుస అభిఘాతముల మధ్య ఒక అణువు సమ వేగముతో ఒక సరళ రేఖా మార్గములో పయనిస్తుంది. ఈ మార్గమునే సగటు స్వేచ్ఛా పథము అని అంటారు.

d వ్యాసముతో ఒక అణువుల వ్యవస్థను పరిగణిద్దాం. ప్రమాణ ఘనపరిమాణమునకు గల అణువుల సంఖ్యను n అనుకొందాం.

పటము 9.8 లో చూపినట్లు ఒకే ఒక అణువు మాత్రమే చలిస్తూ మిగిలిన అణువులన్నీ విరామ స్థితి (rest) లో ఉన్నట్లు ఊహిద్దాం.



పటము 9.8 సగటు స్వేచ్ఛా పథము

ఒక కణము t కాలములో v సరాసరి వేగముతో పయనించినట్లయితే అది ప్రయాణించిన దూరము vt అవుతుంది. ఈ t కాలములో అణువు $\pi d^2 vt$ ఘన పరిమాణము గల ఒక ఊహాజనిత స్థూపములో పయనించినది అనుకొందాం. అప్పుడు స్థూపము లోపల కేంద్రము కలిగిన ఏదేని అణువుతో ఇది అభిఘాతం చెందుతుంది. కనుక అభిఘాతముల సంఖ్య, ఊహాజనిత స్థూపము యొక్క ఘన పరిమాణములోని అణువుల సంఖ్యకు సమానముగా ఉంటుంది. అది $\pi d^2 vt$ కు సమానమవుతుంది. t కాలములో జరిగిన అభిఘాతముల సంఖ్యచే మొత్తం ప్రయాణించిన మార్గ పొడవును భాగించగా సగటు స్వేచ్ఛా పథము లభిస్తుంది.

సగటు స్వేచ్ఛా పథము, $\lambda = \frac{\text{ప్రయాణించిన దూరము}}{\text{అభిఘాతముల సంఖ్య}}$

$$\lambda = \frac{vt}{n\pi d^2 vt} = \frac{1}{n\pi d^2} \qquad (9.25)$$

మనము ఒకే ఒక అణువు మాత్రమే చలిస్తుందని, మిగిలినవన్నీ నిశ్చల లేదా విరామ స్థితిలో ఉన్నవని ఊహించిననూ వాస్తవానికి అన్ని అణువులు యాదృచ్ఛిక చలనములో ఉంటాయి. కనుక ఇతర అణువుల పరముగా ఒక అణువు యొక్క సరాసరి సాపేక్ష వేగమును కూడా పరిగణలోనికి తీసుకోవాలి. కొన్ని విశదీకరమైన గణనల నుండి సగటు స్వేచ్ఛా పథమునకు సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు. (సమీకరణ ఉత్పాదనను పై తరగతులలో నేర్చుకొందాం)

$$\therefore \lambda = \frac{1}{\sqrt{2} n\pi d^2} \qquad (9.26)$$

సమీకరణము (9.26) నుండి సగటు స్వేచ్ఛా పథము సంఖ్యా సాంద్రతకు విలోమానుపాతములో ఉంటుంది. సంఖ్యా సాంద్రత పెరిగే కొలది అణు అభిఘాతములు కూడా పెరుగుతుంది. కనుక అభిఘాతమునకు మూడు అణువులు ప్రయాణించిన దూరము తగ్గుతుంది.

సందర్భము 1: సమీకరణము (9.26) అణు యొక్క ద్రవ్యరాశి 'm' ను ఉపయోగించి పునరమరిక చేసి వ్రాయగా

$$\therefore \lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\pi d^2 mn}$$

కాని mn = ప్రమాణ ఘన పరిమాణమునకు గల ద్రవ్యరాశి $= \rho$ (వాయువు యొక్క సాంద్రత)

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 180 28-02-2023 13:21:14

$$\therefore \lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\,\pi d^2 \rho} \qquad (9.27)$$

PV = NkT అని కూడా మనకు తెలుసు

$$P = \frac{N}{V}kT = nkT$$

$$\therefore n = \frac{P}{kT}$$

సమీకరణము 9.26 లో $n = \frac{P}{kT}$ ను ప్రతిక్షేపించగా

$$\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P} \qquad (9.28)$$

సమీకరణము (9.28) క్రింది అంశములను తెలియజేస్తుంది.

1. ఉష్ణోగ్రతతో బాటు సగటు స్వేచ్ఛా పథము కూడా పెరుగుతుంది. ఉష్ణోగ్రత పెరిగినపుడు ఒక్కొక్క అణువు యొక్క సరాసరి వేగము పెరుగుతుంది. దీని వలన చల్లబడిన ఆహార పదార్థముల వాసన కంటే వేడిగా ఉన్న ఆహార పదార్థముల వాసన కొన్ని మీటర్ల దూరము వరకు వ్యాపిస్తుంది.
2. వాయువు యొక్క పీడనము మరియు వాయు అణువుల వ్యాసము తగ్గేకొలది సగటు స్వేచ్ఛా పథము పెరుగుతుంది.

ఉదాహరణ 9.6

300 K ఉష్ణోగ్రత మరియు 1 atm పీడనము వద్ద గల ఆక్సిజన్ అణువు గాలిలో పయనిస్తున్నది. ఆక్సిజన్ అణువు యొక్క వ్యాసము $1.2 \times 10^{-10} m$ మీ అయితే ఆక్సిజన్ అణువు యొక్క సగటు స్వేచ్ఛా పథమును లెక్కించండి.

సాధన:

సమీకరణము (9.26) నుండి $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$

ఆదర్శ వాయు నియమము నుండి మనము సంఖ్యా సాంద్రత n ను కనుగొనవలెను.

$$n = \frac{N}{V} = \frac{P}{kT} = \frac{101.3\times10^3}{1.381\times10^{-23}\times300}$$

$$= 2.449\times 10^{25} \text{ అణువులు / మీ}^3$$

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\times\pi\times2.449\times10^{25}\times(1.2\times10^{-10})^2}$$

$$= \frac{1}{15.65\times10^5}$$

$$\lambda = 0.63 \times 10^{-6} m$$

9.6 బ్రౌనియన్ చలనము (BROWNIAN MOTION)

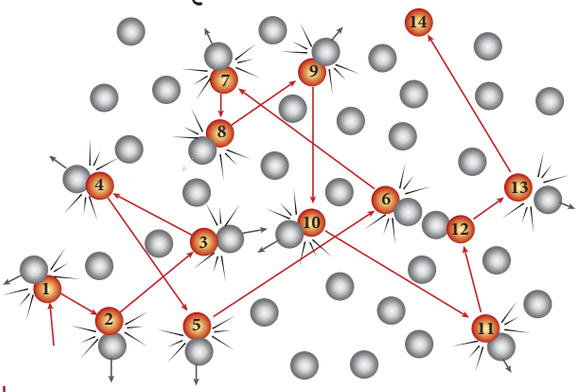
1827 వ సంవత్సరమున రాబర్ట్ బ్రౌన్ అనే వృక్ష శాస్త్రవేత్త ద్రవములో వ్రేలాడే పుప్పొడి రేణువులు ఒక ప్రాంతం నుండి మరొక ప్రాంతమునకు యాదృచ్ఛికముగా కదులుతాయి అనే నివేదికను సమర్పించెను. ద్రవములో వ్రేలాడే పుప్పొడి రేణువులు చేసే యాదృచ్ఛిక లేక వంకర మార్గ చలనమునే బ్రౌనియన్ చలనము అంటారు. బహుశా మనము నీటిలోని దుమ్ము కణాలు యాదృచ్ఛిక దిశలలో చలించుటను గమనించియుంటాము. ఈ ఆవిష్కరణ శాస్త్రవేత్తలకు చాలా కాలము వరకు ఒక అర్థం కాని అంశముగానే మిగిలియుండెను. పుప్పొడి రేణువులు లేక దుమ్ము కణాలు నీటిలో చేసే యాదృచ్ఛిక చలనములకు అసంఖ్యాక వివరణలు ఉన్నప్పటికీ, అందులో ఒక్క వివరణ కూడా సరియైనదిగా లేకుండెను. దీనిని వినర్ (Wiener) మరియు గోయ్ (Gouy) అనే శాస్త్రవేత్తలు ఒక క్రమ పద్ధతిలో అధ్యయనము చేసిన తరువాత బ్రౌనియన్ చలనమునకు కారణము ద్రవములో వ్రేలాడే పుప్పొడి రేణువులు వాటిని ఆవరించి యున్న ద్రవ అణువులచే తాధనము జరపడమే అని చెప్పారు. కాని 19 వ శతాబ్దములోని ప్రజలు పదార్థము అత్యంత చిన్న పరమాణువులు లేదా అణువులచే

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 181 28-02-2023 13:21:17

ఏర్పడినది అనే విషయాన్ని అంగీకరించలేదు. 1905 వ సంవత్సరములో ఐన్‌స్టీన్ అనే శాస్త్రవేత్త గతిజ సిద్ధాంతము ఆధారముగా బ్రౌనియన్ చలనమునకు ఒక క్రమబద్ధమైన సిద్ధాంతమును అందించి, అణువుల యొక్క సరాసరి పరిమాణమునకు ఒక సమీకరణమునకు ఉత్పాదించెను.

గతిజ సిద్ధాంతము ప్రకారము, ఒక ద్రవము లేదా వాయువులో వ్రేలాడే ఏదేని కణము అన్ని దిశలలోకి నిరంతరంగా తాధనము (bombardment) జరుపును. కనుక సగటు స్వేచ్ఛా పథమును చాలా వరకు ఉపేక్షించవచ్చును. ఇది పటము 9.9 లో చూపినట్లు కణముల చలనము యాదృచ్ఛిక లేదా వంకర మార్గమునకు దారి తీస్తుంది. కాని మన చేతిని నీటిలో ఉంచిన యెడల అది యాదృచ్ఛిక చలనమును జరుపనివ్వదు. ఎందుకనగా మన చేతి ద్రవ్యరాశి చాలా ఎక్కువ. అణువుల అభిఘాతముచే బదిలీ అయిన ద్రవ్యవేగము చేతిని చలింపచేయుటకు సరిపోదు.

బ్రౌనియన్ చలనము



పటము 9.9 బ్రౌనియన్ చలనమును కారకాలు

బ్రౌనియన్ చలనమును ప్రభావితం చేయు కారకాలు **(Factors affecting Brownian Motion)**

1. ఉష్ణోగ్రతతో బాటు బ్రౌనియన్ చలనము కూడా పెరుగుతుంది.
2. ద్రవ లేదా వాయు కణముల పరిమాణము, స్నిగ్ధత (viscosity) మరియు సాంద్రతలు పెరిగిన బ్రౌనియన్ చలనము తగ్గుతుంది.

గమనిక

బ్రౌనియన్ చలనమునకు సంబంధించిన ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతపరమైన వివరణను 1908 వ సంవత్సరములో జీన్ ఫెర్రిన్ Jean Perrin ప్రయోగాత్మకముగా పరిశీలించెను. బ్రౌనియన్ చలనముపై ఐన్‌స్టీన్ వివరణ మరియు ఫెర్రిన్ ప్రయోగము భౌతికశాస్త్రములో అత్యంత ప్రాముఖ్యతను పొందినది. ఎందుకనగా ఇవి పరమాణువులు మరియు అణువుల వాస్తవికతకు ప్రత్యక్ష ఆధారములను అందించినవి.

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 182 28-02-2023 13:21:18

సారాంశము

- ఉష్ణోగ్రత పీడనము వంటి స్థూల పరామితుల పుట్టుకను సూక్ష్మముగా వివరించుటకు గతిజ సిద్ధాంతం ఉపయోగపడుతుంది.
- వాయు అణువుల పాత్ర గోడలపై ద్రవ్య వేగమును కలిగించుట ద్వారా వాయు పాత్ర గోడలు పీడనమును కలిగిస్తాయి.
- పీడనము $P = \frac{1}{3} nm\overline{v^2}$. పీడనము అనునది సంఖ్యాసాంద్రత, అణువు యొక్క ద్రవ్యరాశి మరియు సగటు వేగ వర్గములకు అనులోమానుపాతములో ఉంటుంది.
- వాయువులోని ఒక అణువునకు సరాసరి స్థానాంతర గతిజ శక్తి కొలతను వాయువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత అంటారు. ఒక వాయు అణువునకు సరాసరి గతిజశక్తి దాని పరమ ఉష్ణోగ్రతకు అనులోమానుపాతములో ఉంటుంది మరియు ఈ సరాసరి గతిజశక్తి అణువుల స్వభావముపై ఆధారపడదు.
- ప్రమాణ ఘనపరిమాణ వాయువు యొక్క పీడనము దాని అంతర్గత శక్తిలో 2/3 వ వంతుకు సమానముగా ఉంటుంది.
- వాయు అణువుల *rms* వేగము $= v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73 \sqrt{\frac{kT}{m}}$
- వాయు అణువుల సరాసరి వేగము $\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\neq m}} = 1.60 \sqrt{\frac{kT}{m}}$
- వాయు అణువుల అత్యంత సంభావ్యతా వేగము $v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = 1.41 \sqrt{\frac{kT}{m}}$
- వేగములన్నింటిలో v_{rms} విలువ ఎక్కువగానూ v_{mp} విలువ తక్కువగానూ ఉంటుంది.

$$v_{rms} > \bar{v} > v_{mp}$$

- v నుండి v+dv వేగ పరిధిలోని వాయు అణువుల సంఖ్యను మాక్స్‌వెల్ బోల్ట్జ్‌మెన్ విభజన నియమము ద్వారా తెలుసుకోవచ్చును.

$$N_v dv = 4\neq N \left(\frac{m}{2\neq kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv$$

- ఒక త్రిమితీయ ఆవరణములోని ఉష్ణగతిక వ్యవస్థ యొక్క స్థితి మరియు విన్యాసమును వివరించుటకు అవసరమైన స్వాతంత్ర్య నిరూపకాక్షముల కనిష్ట సంఖ్యను స్వాతంత్ర్య పరిమితులు అంటారు. ఏదేని ఒక వాయు మాదిరిలో N అణువులు ఉన్నట్లయితే ఆ వాయు యొక్క మొత్తం స్వాతంత్ర్య పరిమితుల f = 3N వ్యవస్థలో అణువుల చలనమును అడ్డుకొనే అవరోధములు q ఉన్నట్లయితే స్వాతంత్ర్య పరిమితులు f = 3N-q అవుతుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 183 28-02-2023 13:21:20

- ఏక పరమాణుక అణువునకు, f = 3

  సాధారణ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్వి పరమాణుక అణువునకు, f = 5

  అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్వి పరమాణుక అణువునకు, f = 7

  రేఖీయ రకపు త్రి పరమాణుక అణువునకు, f = 7

  రేఖీయము కాని త్రి పరమాణుక అణువునకు, f = 6

- ఒక వాయు మాదిరి యొక్క సరాసరి గతిజ శక్తి అన్ని స్వాతంత్ర్య పరిమితులకు సమానముగా విభజించబడుతుంది. దీనినే శక్తి సమ విభజన నియమము అంటారు. ఒక్కొక్క స్వాతంత్ర్య పరిమితి $\frac{1}{2}kT$ పరమాణపు శక్తిని పొందుతుంది.

- స్థిర పీడనము మరియు స్థిర ఘన పరిమాణము వద్ద ఒక వాయువు యొక్క మోలార్ విశిష్టోష్ణ నిష్పత్తి

  $\left[\gamma = \frac{C_p}{C_v}\right]$

  ఈ విలువ ఏక పరమాణుక అణువునకు: 1.67

  సాధారణ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్వి పరమాణుక అణువునకు: 1.40

  అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద ద్వి పరమాణుక అణువునకు: 1.28

  రేఖీయ రకపు త్రి పరమాణుక అణువునకు: 1.28.

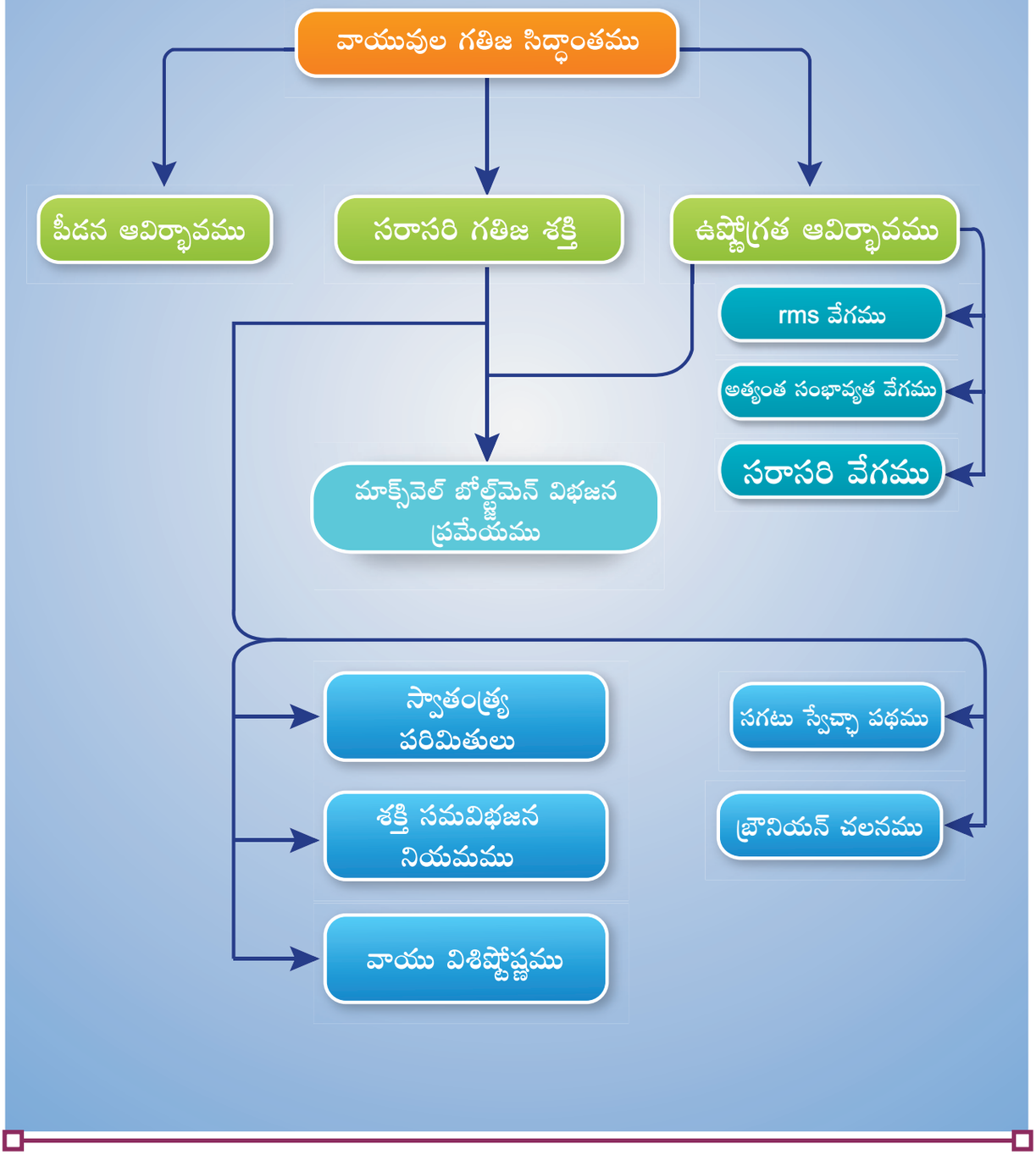
  రేఖీయము కాని త్రి పరమాణుక అణువునకు 1.33 గా ఉంటుంది.

- సగటు స్వేచ్ఛా పథము $\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P}$ సగటు స్వేచ్ఛా పథము వాయు ఉష్ణోగ్రతకు అనులోమానుపాతములోనూ అణువు యొక్క పరిమాణము మరియు పీడనములకు విలోమానుపాతములోనూ ఉంటుంది.

- గతిజ సిద్ధాంతము ఆధారముగా బ్రౌనియన్ చలనమును ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ వివరించారు. ఇది అణువుల మరియు పరమాణువుల వాస్తవికతను నిరూపిస్తుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 184 28-02-2023 13:21:21

భావన చిత్రపటము

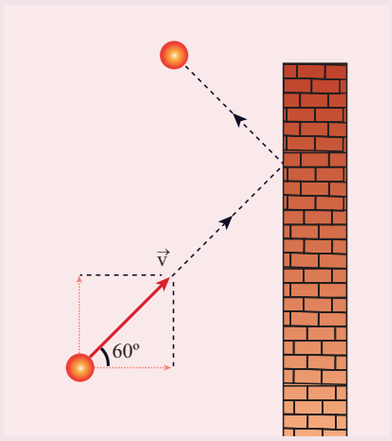


11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 185 28-02-2023 13:21:22

మూల్యాంకనము

I. బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు:

1. m ద్రవ్యరాశి గల ఒక కణము x అక్షముతో 60° కోణము చేయు దిశలో u వేగములో చలిస్తున్నది. ఈ కణము గోడతో స్థితిస్థాపక అభిఘాతము చెందినది. అయితే x మరియు y దిశలో ద్రవ్యవేగంలో ఏర్పడిన మార్పు ఎంత?



అ) $\Delta p_x = -mu, \Delta p_y = 0$

ఆ) $\Delta p_x = -2mu, \Delta p_y = 0$

ఇ) $\Delta p_x = 0, \Delta p_y = mu$

ఈ) $\Delta p_x = mu, \Delta p_y = 0$

2. ఒక వాయు మాదిరి సమతాస్థితి వద్ద ఉన్నది. అయితే ఏ భౌతిక రాశి శూన్యమవుతుంది?

అ) rms వేగము

ఆ) సరాసరి వడి

ఇ) సరాసరి వేగము

ఈ) అత్యంత సంభావ్యత వేగము

3. ఒక ఆదర్శ వాయువును స్థిర పీడనము వద్ద ఉంచిరి. ఇప్పుడు వాయువు యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 100K నుండి 10000K కు పెంచిన యెడల వాయు అణువుల rms వేగము

అ) 5 రెట్లు పెరుగును

ఆ) 10 రెట్లు పెరుగును

ఇ) మారదు

ఈ) 7 రెట్లు పెరుగును

4. సమాన పరిమాణము గల రెండు గదులు A మరియు B లు ఒక తెరచిన తలుపు ద్వారా సంధానించబడియున్నవి. A గది శీతలీకరణ వసతిని కలిగి దాని ఉష్ణోగ్రత B గది కంటే $4^\circ C$ తక్కువగా ఉన్నది. అయితే ఏ గదిలో ఎక్కువ గాలి ఉంటుంది.

అ) A గది

ఆ) B గది

ఇ) రెండు గదులు సమాన గాలిని కలిగి ఉంటాయి

ఈ) నిర్ణయించలేదు

5. ఒక వాయు అణువు యొక్క సరాసరి స్థానాంతర గతిజశక్తి దేనిపై ఆధారపడుతుంది.

అ) మోల్ సంఖ్య మరియు T పై

ఆ) T పై మాత్రమే

ఇ) P మరియు T పై

ఈ) P పై మాత్రమే

6. ఒక వాయువు యొక్క అంతర్గత శక్తి U మరియు ఘన పరిమాణము V లను రెట్టింపు చేస్తే దాని పీడనము

అ) రెట్టింపగును

ఆ) స్థిరంగా ఉంటుంది

ఇ) సగమవుతుంది

ఈ) నాలుగింతలగును

7. 8 గ్రా హీలియం మరియు 16 గ్రా ఆక్సిజన్ వాయువులను కలిగిన ఒక మిశ్రమము యొక్క $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ నిష్పత్తి (భౌతిక ఒలంపియాడ్ – 2005)

అ) 23/15

ఆ) 15/23

ఇ) 27/17

ఈ) 17/27

NHWM9

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 186 28-02-2023 13:21:22

8. ఒక పాత్రలో ఒక మోల్ పరిమాణములో ఏక పరమాణుక ఆదర్శ వాయువు కలదు. ప్రతి అణువు f స్వాతంత్ర్య పరిమితులను కలిగి ఉన్నది. అయితే $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ నిష్పత్తి ఎంత?

అ) f ఆ) $\frac{f}{2}$

ఇ) $\frac{f}{f+2}$ ఈ) $\frac{f+2}{f}$

9. ఒక వాయువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనములను రెట్టింపు చేసిన యెడల ఆ వాయు అణువుల సగటు స్వేచ్ఛా పథము ఏమవుతుంది?

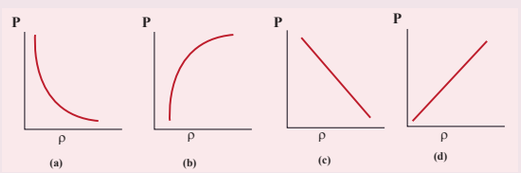
అ) స్థిరముగా ఉంటుంది

ఆ) రెట్టింపగును

ఇ) మూడింతలగును

ఈ) నాలుగింతలగును

10. స్థిర ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక ఆదర్శ వాయువు యొక్క పీడనము మరియు సాంద్రతల మధ్య గల సంబంధాన్ని క్రింది వానిలో ఏ రేఖాచిత్రము తెలియజేయును?



11. ఒక వాయు మాదిరిలో μ_1 మోల్‌ల ఏక పరమాణుక అణువులు μ_2 మోల్‌ల ద్వి పరమాణుక అణువులు మరియు μ_3 మోల్‌ల త్రి పరమాణుక అణువులు ఉన్నవి. ఇప్పుడు ఈ వాయు మాదిరిని అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉంచిన యెడల మొత్తం స్వాతంత్ర్య పరిమితుల సంఖ్య ఎంత?

అ) $[3\mu_1 + 7(\mu_2 + \mu_3)]\, N_A$

ఆ) $[3\mu_1 + 7\,\mu_2 + 6\mu_3]\, N_A$

ఇ) $[7\mu_1 + 3(\mu_2 + \mu_3)]\, N_A$

ఈ) $[3\mu_1 + 6(\mu_2 + \mu_3)]\, N_A$

12. Iస్థిర పీడనము మరియు స్థిర ఘన పరిమాణము వద్ద ప్రమాణ ద్రవ్యరాశి గల నైట్రోజన్ వాయువు యొక్క విశిష్టోష్ణములు వరుసగా s_P మరియు s_V అయితే (JEE 2007)

అ) $s_P - s_V = 28R$

ఆ) $s_P - s_V = R/28$

ఇ) $s_P - s_V = R/14$

ఈ) $s_P - s_V = R$

13. ఇచ్చిన ఉష్ణోగ్రత వద్ద క్రింద ఇవ్వబడిన ఏ వాయువుకు అల్ప rms వేగము ఉంటుంది.

అ) హైడ్రోజన్

ఆ) నైట్రోజన్

ఇ) ఆక్సిజన్

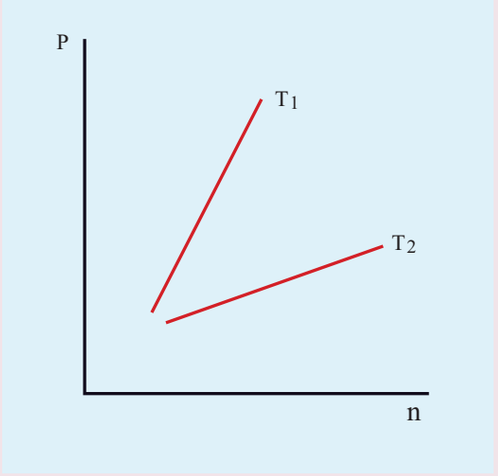
ఈ) కార్బన్ డై ఆక్సైడ్

14. స్థిర ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఇచ్చిన వాయు అణువునకు మాక్స్‌వెల్ బోల్ట్జ్‌మెన్ విభజన వక్రరేఖ క్రింద వైశాల్యము ఎంత?

అ) $\frac{PV}{kT}$ ఆ) $\frac{kT}{PV}$

ఇ) $\frac{P}{NkT}$ ఈ) PV

15. రెండు వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతలు T_1 మరియు T_2 ల వద్ద ఒక ఆదర్శ వాయువు యొక్క పీడనము మరియు సంఖ్యా సాంద్రతలకు మధ్య గల సంబంధము క్రింది రేఖా చిత్రములో చూపబడినది. అయితే రేఖా చిత్రము నుండి



11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 187 28-02-2023 13:21:24

అ) $T_1 = T_2$

ఆ) $T_1 > T_2$

ఇ) $T_1 < T_2$

ఈ) నిర్ణయించలేము

జవాబులు:

1) అ	2) ఇ	3) ఆ	4) అ
5) అ	6) ఆ	7) ఇ	8) ఈ
9) అ	10) ఈ	11) అ	12) ఆ
13) ఈ	14) అ	15) ఆ	

II. సంక్షిప్త సమాధాన ప్రశ్నలు

1. పీడనము యొక్క సూక్ష్మ ఆవిర్భావము అనగానేమి?
2. ఉష్ణోగ్రత యొక్క సూక్ష్మ ఆవిర్భావము అనగానేమి?
3. చంద్రునిపై వాతావరణము లేదు. ఎందుకు?
4. ఒక వాయు అణువు యొక్క rms వేగము సరాసరి వేగము మరియు అత్యంత సంభావ్యతా వేగములకు సమీకరణమును వ్రాయండి.
5. సరాసరి గతిజ శక్తికి మరియు పీడనమునకు మధ్య గల సంబంధమేమి?
6. స్వాతంత్ర్య పరిమితులు నిర్వచింపుము.
7. శక్తి సమ విభజన నియమమును పేర్కొనుమ.
8. సగటు స్వేచ్ఛా పథమును నిర్వచించి దానికి సమీకరణమును వ్రాయుము.
9. గతిజ సిద్ధాంతం ఆధారముగా చార్లెస్ నియమమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించండి.
10. గతిజ సిద్ధాంతం ఆధారముగా బాయిల్ నియమమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించండి.
11. గతిజ సిద్ధాంతం ఆధారముగా అవగాడ్రో నియమమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించండి.
12. సగటు స్వేచ్ఛా పథమును ప్రభావితం చేయు కారకాల జాబితాను వ్రాయండి.
13. బ్రౌనియన్ చలనమునకు గల కారణములేవి?

III. వ్యాసరూప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. వాయు గతిజ సిద్ధాంతము యొక్క ప్రతిపాదనలను వ్రాయండి.
2. ఒక వాయువు అది ఉన్న పాత్ర గోడలపై కలిగించే పీడనమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించండి.
3. ఉష్ణోగ్రత యొక్క గతిజ వ్యక్తీకరణను విపులముగా వివరించండి.
4. ఏక పరమాణుక అణువు, ద్వి పరమాణుక అణువు మరియు త్రి పరమాణుక అణువుల యొక్క మొత్తం స్వాతంత్ర్య పరిమితులను వివరించండి.
5. ఏక పరమాణుక, ద్వి పరమాణుక మరియు త్రి పరమాణుక అణువుల యొక్క రెండు విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము గల నిష్పత్తికి సమీకరణమును ఉత్పాదించండి.
6. మాక్స్‌వెల్ బోల్ట్జ్‌మెన్ విభజన ప్రమేయమును విపులముగా వివరించండి.
7. వాయువు యొక్క స్వేచ్ఛా పథమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించండి.
8. బ్రౌనియన్ చలనమును వివరించండి.

IV సమస్యలు

1. ఒక స్వచ్ఛమైన గాలిలో 78% నైట్రోజన్ N_2 మరియు 21% ఆక్సిజన్ O_2 కలదు. అయితే 20°C ఉష్ణోగ్రత వద్ద N_2 మరియు O_2 ల rms వేగమును లెక్కించండి.

జవాబు: N_2 యొక్క $v_{rms} = 511$ మీసె$^{-1}$

O_2 యొక్క $v_{rms} = 478$ మీసె$^{-1}$

2. బృహస్పతి గ్రహ వాతావరణములో మీథేన్ వాయువు యొక్క rms వేగము 471.8 మీసె$^{-1}$ అయితే బృహస్పతి గ్రమ ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత సెల్సియస్ ప్రమాణములో సున్న కంటే తక్కువగా ఉన్నదని చూపండి

జవాబు: -130°C

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 188 28-02-2023 13:21:24

3. ఏ ఉష్ణోగ్రత నందు ఒక వాయువు తన rms వేగమును S.T.P. వద్ద గల rms వేగమునకు మూడింతలు అవుతుంది? (సాధారణ ఉష్ణోగ్రత $T_1 = 273$ K)

జవాబు: $T_2 = 2457$ K

4. ఒక వాయువు 80°C ఉష్ణోగ్రత మరియు $5 \times 10^{-10} N m^{-2}$ పీడనము వద్ద కలదు. బోల్ట్జ్‌మెన్ స్థిరాంకము విలువ m^3 అయితే ఒక ఘన మీటరు $1.38 \times 10^{-23} J K^{-1}$ కు గల అణువుల సంఖ్యను లెక్కించండి.

జవాబు: 1.02×10^{11}

5. 2×10^3 మీసె$^{-1}$ వేగముతో చలించు ఆక్సిజన్ అణువులు ఒక పాత్రలో బంధించబడి ఉన్నవి. 4 సెం.మీ^{2} వైశాల్యమున్న పాత్ర గోడను ఆక్సిజన్ అణువును సెకనుకు 10^{20} సార్లు పాత్ర గోడకు గీచిన లంబరేఖ నుండి 30° కోణముతో ఢీకొన్నట్లయితే, ఆక్సిజన్ అణువుల పాత్ర గోడలపై కలిగించే పీడనమును లెక్కించండి. (ఒక ఆక్సిజన్ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి = 2.67×10^{-26} కి.గ్రా)

జవాబు: 46.2 N m^{-2}

6. Dఒక స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలు ఏక పరమాణుక మరయు ద్వి పరమాణుక వాయువుల పీడనము ఆ వాయు ఉష్ణోగ్రత యొక్క ఘనమునకు అనుపాతములో ఉన్నది. అయితే $\gamma = (C_p/C_V)$ విలువను లెక్కించండి.

జవాబు: 3/2

7. STP వద్ద గాలి అణువుల సగటు స్వేచ్ఛా పథమును లెక్కించండి. N_2 మరియు O_2 వ్యాసము దాదాపు 3×10^{-10} మీ

జవాబు: $\lambda \approx 9.3 \times 10^{-8}$ మీ

8. T ఉష్ణోగ్రత వద్ద 2 మోల్‌ల ఆక్సిజన్ మరియు 4 ఒక మోల్‌ల ఆర్గాన్‌లు ఒక వాయు మిశ్రమమును ఏర్పరచినవి. RT పరముగా వాయువు యొక్క శక్తిని లెక్కించండి. వాయు అణువుల కంపన స్థితిని ఉపేక్షించండి.

జవాబు: 11RT

9. 27°C ఉష్ణోగ్రత వద్ద 25 మీ^{3} సామర్థ్యము గల ఒక గదిలో ఉన్న మొత్తం గాలి అణువుల సంఖ్యను అంచనా వేయండి.

జవాబు: 6.1×10^{26} అణువులు

పరిశీలనా గ్రంథములు (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. H.C.Verma, Concepts of physics -Volume 2, Bharati Bhawan Publishers
4. Douglas C. Giancoli, Physics for scientist & Engineers, Pearson Publications, Fourth Edition
5. James Walker, Physics, Addison Wesley, Fourth Edition

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 189 28-02-2023 13:21:24

అంతర్జాల కృత్యములు

వాయువుల గతిజ సిద్ధాంతము

ఈ కృత్యము నుండి మనము కణము యొక్క బ్రౌనియన్ చలనమును గురించి అభ్యసిస్తాము.



సోపానములు:

- "Brownian motion" పై 'interactive' సిములేషన్ తెరవడానికి URL ను ఉపయోగించండి లేదా QR కోడ్‌ను స్కాన్ చేయండి.
- తొలి స్థితిలో వాయువులో వ్రేలాడదీయబడిన కణముల (పెద్ద బంతుల) చలనమును పరిశీలించండి. మొదటి స్లైడర్‌ను డ్రాగ్ చేసి వాయు అణువులను పరిశీలించండి. 'Drag to see what's actually going on'
- మొదటి స్లైడర్ క్రింద గల చలరాశులు "Energy", "Size Ratio" మరియు "Mass Ratio" లను కనుగొనండి. ఈ చలరాశులను తగ్గించవచ్చు లేదా పెంచవచ్చు.
- చలరాశుల యొక్క సరిపడు విలువలను డ్రాగ్ చేయుట ద్వారా కణముల బ్రౌనిమన్ చలనమును పరిశీలించవచ్చు.

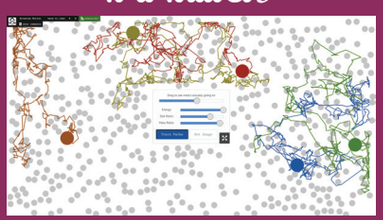
సోపానములు 1



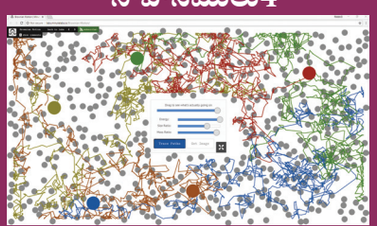
సోపానములు 2



సోపానములు 3



సోపానములు 4



URL:

http://labs.minutelabs.io/Brownian-Motion/

* పటములు సూచన కొరకు మాత్రమే.

* పేజీని లోడ్ చేయుటకు బ్రౌజర్‌కు అవసరమైతే ప్లాష్ ప్లేయర్ లేదా జావా స్క్రిప్ట్‌ను అనుమతించండి.

11th_Physics_Vol_2_Unit_9_Telugu_Medium.indd 190 28-02-2023 13:21:28

అధ్యాయము

10 డోలనములు (OSCILLATIONS)

Life is a constant oscillation between the sharp horns of a dilemma – H.L. Mencken

అభ్యసనా లక్ష్యములు

ఈ అధ్యాయములో విద్యార్థి తెలుసుకొను అంశములు

- డోలన చలనము ఆవర్తన చలనము మరియు అపవర్తన చలనము
- సరళ హరాత్మక చలనము
- కోణీయ ఆవర్తన చలనము
- రేఖీయ సంధానము డోలకము క్షితిజ సమాంతర మరియు లంబ అక్ష డోలనములు
- స్ప్రింగుల సంధానము శ్రేణి మరియు సమాంతర సంధానము
- లఘులోలకము
- శక్తికైన సమాసము స్థితిజ శక్తి, గతిజ శక్తి మరియు మొత్తం శక్తి
- సరళ హరాత్మక చలనమును రేఖాచిత్రము ద్వారా వివరించుట
- డోలనముల రకాలు – స్వేచ్ఛా డోలనములు, అవరుద్ధ నశింపబడు డోలనములు, స్థిరత్వం డోలన పరిమితి గల డోలనములు మరియు బలాత్కృత డోలనములు.
- అనునాదము గురించిన భావన

10.1 పరిచయము (INTRODUCTION)



పటము 10.1 తంజావూరు తల ఆడించు బొమ్మ

తంజావూరు తల ఆడించు బొమ్మను మీరు చూసివున్నారా (దీనిని తమిళములో తమిళములో తలయాట్టుంబొమ్మై అందురు) ఇది ప్రపంచ ప్రసిద్ధి గల తమిళ సంస్కృతిని తెలిపే బొమ్మ అగును. ఈ బొమ్మను ఆడించి వదిలితే జరిగేది ఏమి? బొమ్మ యొక్క తల మరియు శరీరము అవిచ్ఛిన్నంగా ముందుకు వెనుకకు కదిలి, తరువాత చలనము క్రమంగా తగ్గి నిలబడును. ఇదే విధంగా మనము రోడ్డుపై నడిచినపుడు మన చేతులు మరియు కాళ్ళు ముందుకు వెనుకకు చలనమును ఏర్పరచును. తల్లి తమ బిడ్డను నిద్ర పుచ్చుటకు ఊయలను ఆడించినపుడు, ఊయల ముందుకు వెనుకకు చలించును. మొదటి భాగము (volume–1) లో వివాదించిన చలనములో నుండి ఈ రకమైన అన్ని చలనాలు వేర్వేరు అయినవి. ఈ చలనములు పటము 10.2 లో వివరించబడియున్నది. ఇటువంటి చలనాలను డోలన చలనము లేదా కంపన చలనము అని అందురు. ఇటువంటి చలనాలు పరమాణువులో కూడా జరుగును.

ఒక ఘన పదార్థము యొక్క ఉష్ణోగ్రత పెరిగినపుడు పరమాణువులు దాని మాధ్యమిక బిందువు లేదా సమతాస్థితి ఆధారంగా కంపించును. భవనముల నిర్మాణము మరియు యాంత్రిక పరికరములు నిర్మించే సాంకేతిక పరిజ్ఞానములో కంపన చలనము అనే భావము అతి ముఖ్యత్వము వహించును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 191 28-02-2023 13:23:07





పటము 10.2 డోలనము లేదా కంపన చలనము

10.1.1 ఆవర్తన మరియు అపవర్తన డోలన చలనములు (Periodic and non-periodic motion)

భౌతిక శాస్త్రములో చలనము అనునది మరల మరల జరిగే చలనాన్ని ఆవర్తన చలనము అనియు, మరల మరల జరగని చలనాన్ని అపవర్తన చలనము అనియు రెండు రకాలుగా విభజించవచ్చును.

1. **ఆవర్తన చలనము (Periodic motion)**
   ఏకరీతి కాల వ్యవధిలో తనంతట మరల మరల జరుగునటువంటి చలనమును ఆవర్తన చలనము అందురు. ఉదాహరణకు డోలన గడియారములో నున్న గడియారపు లోలకము, ఊయల డోలనము, సూర్యుని చుట్టే భూ చలనము మరియు అభివృద్ధి చెందు మరియు క్షీణించే చంద్రుడు మొదలగునవి.
2. **అపవర్తన చలనము (Non-Periodic motion)**
   ఏకరీతి కాలవ్యవధిలో తనంతట తానుగా మరల మరల జరుగనటువంటి ఎటువంటి చలనమును అపవర్తన చలనము అందురు. ఉదాహరణకు భూకంపము ఏర్పడుట, అగ్ని పర్వతము ప్రేలడం మొదలగునవి.

ఉదాహరణ 10.1

క్రింది చలనాలలో ఆవర్తన మరియు అపవర్తన చలనాలను వర్గీకరించండి.

అ. హేలీ తోకచుక్క (Halley's comet.) చలనము
ఆ. మేఘాల చలనము
ఇ. భూమి చుట్టూతిరిగే చంద్రుని చలనము

సాధన

అ. ఆవర్తన చలనము
ఆ. అపవర్తన చలనము
ఇ. ఆవర్తన చలనము

ఉదాహరణ 10.2

క్రింది ప్రమేయంలో ఏ ప్రమేయము కాలము ఆధారంగా ఆవర్తన మరియు అపవర్తన చలనాలను సూచిస్తున్నది.

అ. $\sin \omega t + \cos \omega t$
ఆ. $\ln \omega t$

సాధన

అ. ఆవర్తన చలనము
ఆ. అపవర్తన చలనము

ఆలోచించండి: (మెదడుకు మేత)

సూర్యుని చుట్టూ తిరిగే భూమి యొక్క చలనము అపవర్తన చలనముగా ఉంటే ఏమి జరుగును? – వివాదించండి.

10.1.1 డోలన చలనము (Oscillatory motion)

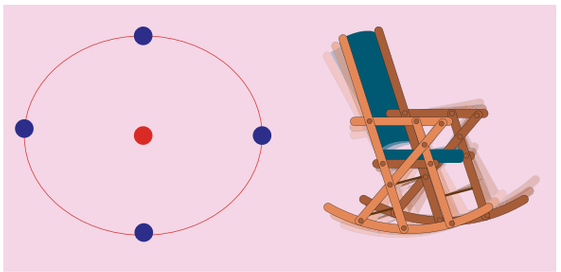
ఒక వస్తువు లేదా కణము నిర్ణీత కాల వ్యవధిలో మరల మరల ముందుకు వెనుకకు చలనాన్ని ఏర్పరిస్తే ఆ చలనమును డోలన చలనము (లేదా) కంపనచలనము అందురు.

ఉదాహరణలు మన హృదయ స్పందన, కీటకాల రెక్కల చలనము, తాత యొక్క గడియారము (grandfather's clock) (లోలక గడియారము) మొదలగునవి.

అన్ని డోలన చలనములు ఆవర్తన చలనాలు అగును. కాని అన్ని ఆవర్తన చలనములు డోలన చలనాలు కావు అని గమనించవలెను. (పటము 10.3 లో చూపబడియున్నది)

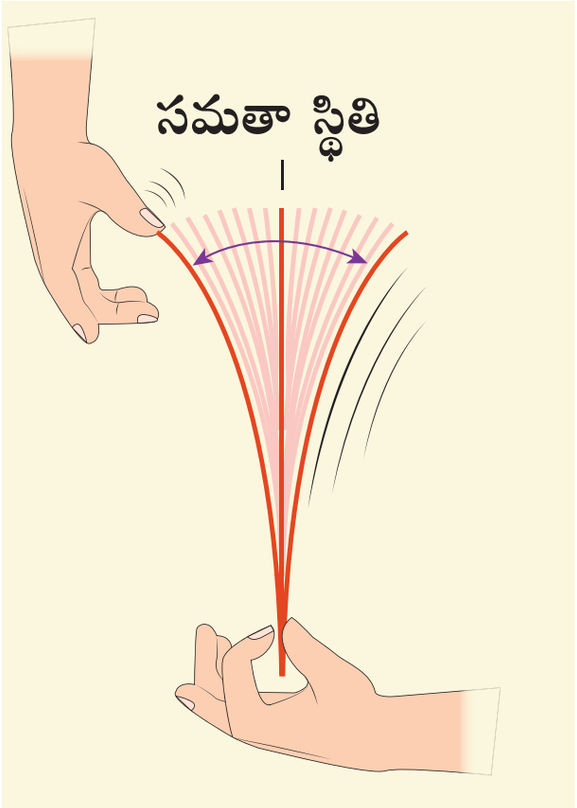
11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 192 28-02-2023 13:23:07





పటము 10.3 డోలన లేదా కంపన చలనములు

10.2 సరళ హరాత్మక చలనము (SIMPLE HARMONIC MOTION (SHM))



పటము 10.4 సరళ హరాత్మక చలనము

గమనిక

సరళ హరాత్మక చలనము ఒక ప్రత్యేక రకపు డోలన చలనమగును. కానీ డోలనా చలనాలు అన్నీ సరళ హరాత్మక చలనం కానవసరం లేదు.

సరళ హరాత్మక చలనము అనునది డోలన చలనములో ఒక ప్రత్యేక రకము అగును. ఈ చలనము నందు కణము యొక్క త్వరణము లేదా బలము ఒక స్థిరత్వ బిందువు నుండి అది పొందిన స్థానభ్రంశమునకు అనులోమానుపాతంలోనూ, మరియు ఎల్లప్పుడూ ఆ స్థిరత్వ బిందువు వైపు ఉండును. ఏకమితి చలనములో x అనునది కణము పొందిన స్థానభ్రంశము మరియు a_x అనునది ఆ కణము యొక్క త్వరణము అయితే

$$a_x \propto x \qquad (10.1)$$

$$a_x = -\,b\,x \qquad (10.2)$$

ఇచ్చట b అనునది స్థిరాంకము. ఇది త్వరణము మరియు ఏకాంక స్థానభ్రంశము మధ్య గల నిష్పత్తితో కొలవబడును. దీని మితి సూత్రము T^{-2} కు సమానమగును. సమీకరణము 10.2 ను ఇరువైపులా కణము యొక్క ద్రవ్యరాశి m-తో గుణించి న్యూటన్ రెండవ నియమమును ఉపయోగిస్తే, బలము అనునది

$$F_x = -\,k\,x \qquad (10.3)$$

ఇచ్చట k అనునది బల స్థిరాంకము అగును. ఈ స్థిరాంకమును ఏకాంక పొడవుకైన బలము అని కూడా నిర్వచించవచ్చును. స్థానభ్రంశము, బలము (లేదా త్వరణము) ఒకదానికొకటి వ్యతిరేక దిశలో ఉండుటను ఋణాత్మక గుర్తు సూచిస్తున్నది.

కణము యొక్క స్థానభ్రంశము సమతాస్థితి బిందువు నుండి కుడివైపు x ధనాత్మక విలువ ఉన్నప్పుడు బలము (లేదా త్వరణము) సమతాస్థితి బిందువు (ఎడమ వైపు) వైపు ఉండును. ఇదే విధముగా కణము యొక్క స్థానభ్రంశము అనునది సమతాస్థితి బిందువు నుండి ఎడమ వైపు ఉన్నప్పుడు

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 193 28-02-2023 13:23:08

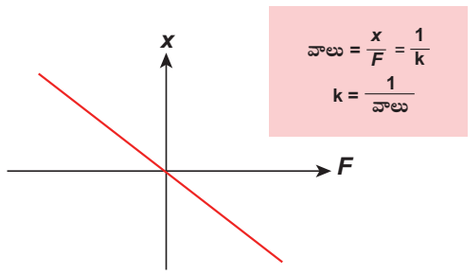
(x ఋణాత్మక విలువ), బలము (లేదా త్వరణము) అనునది సమతాస్థితి బిందువు వైపునే (కుడి వైపు) ఉండును. ఈ రకమైన బలమును పునఃస్థాపక బలము (restoring force) అందురు. ఎందుకనగా సరళ హరాత్మక చలనములో ఉన్న కణమును, పునఃస్థాపక బలము ఎల్లప్పుడూ ఆరంభ స్థితికే (సమతాస్థితి) తెచ్చును. ఈ బలము ఒక కేంద్రక బలము అగును. ఇది కణమును సమతాస్థితి బిందువు వైపుకు తెచ్చే కేంద్రక ఆకర్షణ బలము అగును.



ద్విమితి మరియు త్రిమితిలలో దీనిని మనము సదిశ రూపములో వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{F} = -k\vec{r} \qquad (10.4)$$

ఇచ్చట $\vec{r}$ అనునది తీసుకొనిన ఆదిబిందువు నుండి కణము యొక్క స్థానభ్రంశము అగును. బలము మరియు స్థానభ్రంశము అనులోమానుపాతములో నున్నదని గుర్తించవలెను. అనగా బల పరిమాణము $\vec{F}$ మరియు స్థానభ్రంశ పరిమాణము $\vec{r}$ ఒకదానికొకటి సమానము. పటము 10.5 లో చూపినట్లు చర్య (బల పరిమాణము $|\vec{F}|$) మరియు ఫలితము (స్థానభ్రంశ పరిమాణము $|\vec{r}|$) మధ్య గల సంబంధమును గ్రాఫు ద్వారా గుర్తించినపుడు, రెండవ మరియు నాల్గవ పాదముల గుండా పోవు సరళ రేఖను ఏర్పరచును. ఈ సరళ రేఖ యొక్క వాలు $\frac{1}{k}$ ను కొలిచి, బల స్థిరాంకము k విలువను లెక్కించవచ్చును.



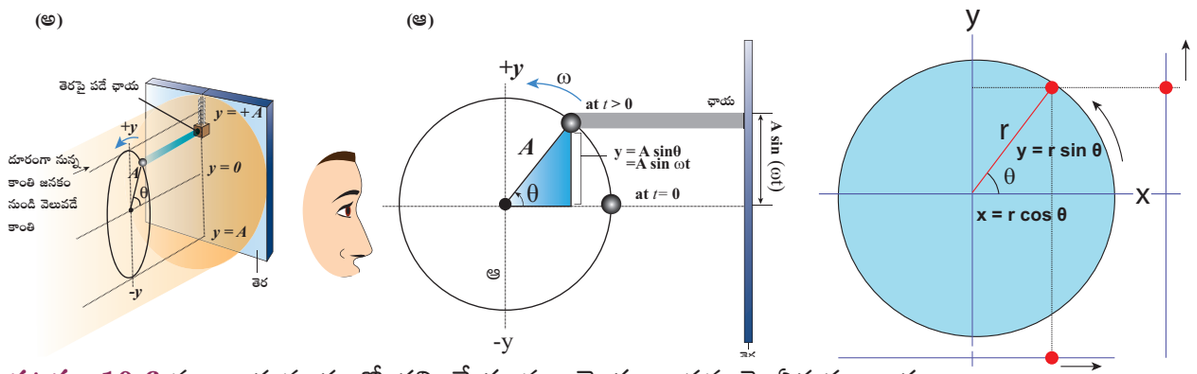
పటము 10.5 బలము మరియు స్థానభ్రంశము మధ్య గ్రాఫు

10.2.1 ఏకరీతి వృత్తాకార చలనములో వ్యాసము పైన ఏర్పడే ఛాయ ఒక సరళ హరాత్మక చలనము (The projection of uniform circular motion on a diameter of SHM)

m ద్రవ్యరాశి గల ఒక కణము v అనే ఏకరీతి దిశావేగముతో r వ్యాసార్ధము గల వృత్తము యొక్క పరిధి గుండా అపసవ్య దిశలో చలిస్తున్నదని అనుకుందాం. (పటము 10.6 లో చూపినట్లు) కార్టీషియన్ నిరూపక వ్యవస్థలో ఆది బిందువు వృత్తము యొక్క కేంద్రము O తో ఏకీభవిస్తున్నదనుకుందాము. కణము యొక్క కోణీయ దిశావేగములు ω అనియు, ఒక నిర్ణీత కాలము t లో ఆ కణము యొక్క కోణీయ స్థానభ్రంశము θ అనియు తీసుకొనిన, $\theta = \omega t$.

ఏకరీతి వృత్తాకార చలనములో వుండే కణము యొక్క స్థితిని (Position) ఆ వృత్తము యొక్క వ్యాసముపై పడేటట్లు చేస్తే అందు మూలంగా ఏర్పడిన





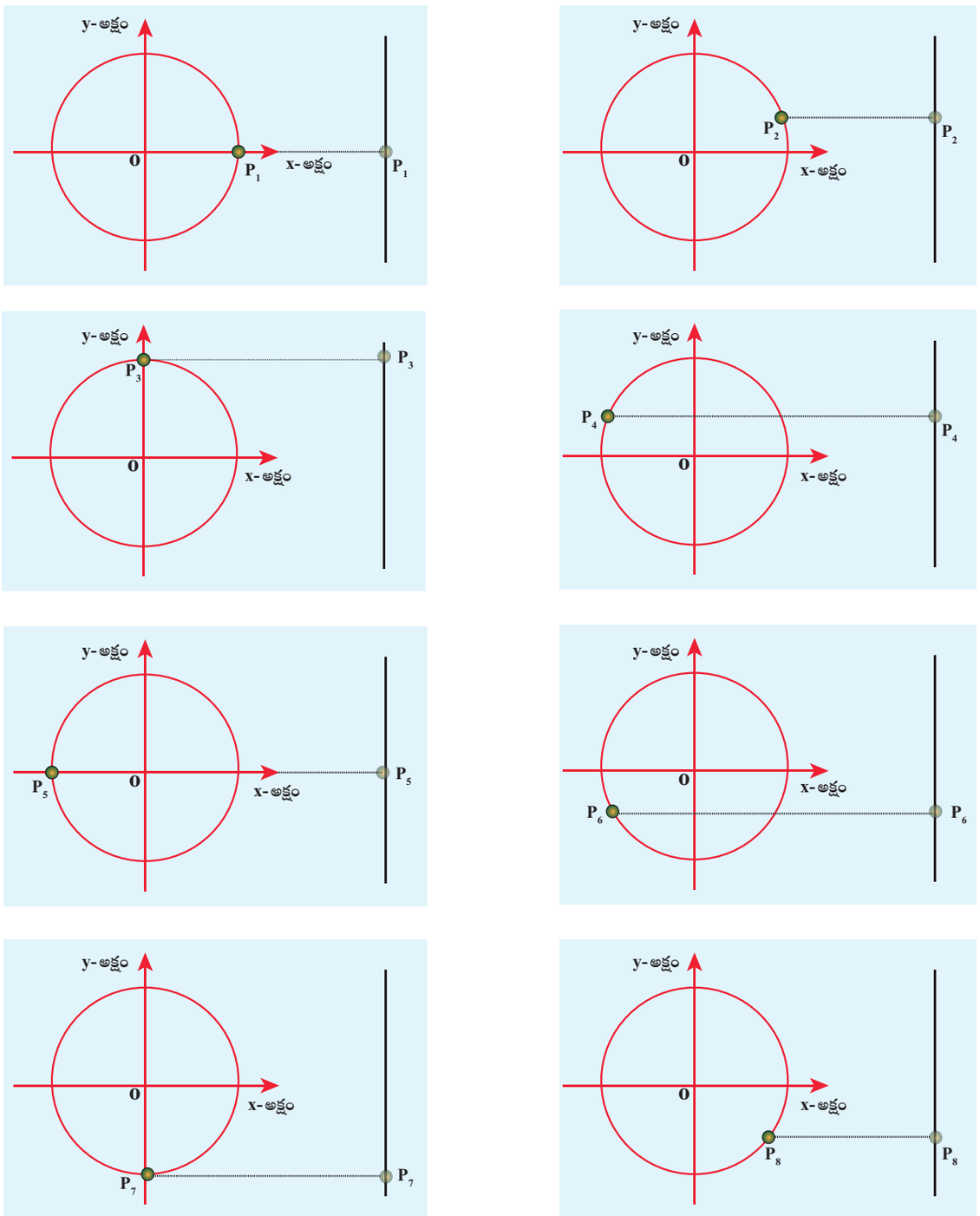
పటము 10.6 వృత్తాకార మార్గంలో చలించే కణము యొక్క వ్యాసముపై ఏర్పడు ఛాయ

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 194 28-02-2023 13:23:10

ఛాయ (Projection) సరళ హరాత్మక చలనంలో ఉండును. ఇందు మూలంగా ఏకరీతి వృత్తాకార చలనము మరియు కంపన చలనము మధ్య గల సంబంధమును మనము జతపరచవచ్చును.

ఇదే విధముగా ఏ విధమైన కంపన చలనము లేదా భ్రమణ చలనమును కూడా ఏకరీతి వృత్తాకార చలనముతో జతపరచవచ్చును. మరొక విధంగా ఈ రెండు చలనములు ఒకే విధమైన స్వభావాన్ని పొందివున్నదని చెప్పవచ్చును.

పటము 10.7 లో చూపినట్లు వృత్తాకార మార్గంలో చలించే కణము యొక్క స్థితిని (Position) ఆ వృత్తాకార మార్గము యొక్క లంబ అక్ష వ్యాసముపై ఛాయ పడేటట్లు

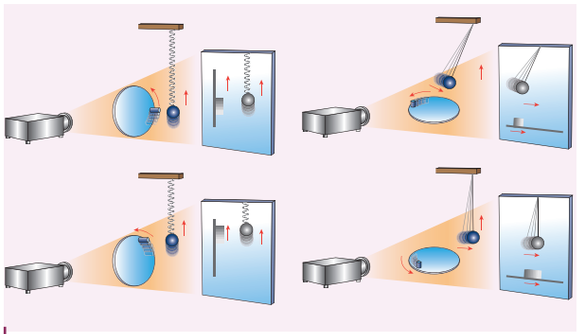


పటము 10.7 కాలము ఆధారంగా లంబ అక్షముపై పడిన కణము యొక్క స్థితి

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 195 28-02-2023 13:23:10

(Projection) (లేదా లంబ అక్ష వ్యాసమునకు సమాంతరంగా నున్న రేఖపై ఛాయ పడేటట్లు) చేద్దాం.

ఇదే విధముగా పై సంఘటను క్షితిజ తల అక్షముకు లేదా క్షితిజ తల అక్షముకు సమాంతరంగా ఉన్న రేఖపై ఛాయ పడేటట్లు (Projection) చేయవచ్చును. పటము 10.8 లో చూపినట్లు ఒక స్ప్రింగ్ ద్రవ్యరాశి గల వ్యవస్థను (లేదా డోలన లోలకము) ఉదాహరణగా ఊహించుకుందాం. స్ప్రింగ్ పైకి క్రిందకు చలించినపుడు (లోలకము ముందుకు వెనుకకు డోలనము చేయునపుడు) దాని ద్రవ్యరాశి లేదా లఘు లోలకము యొక్క చలనము వృత్తాకార చలనములో నున్న బిందువులతో కలిపి చూపబడియున్నది.



పటము 10.8 స్ప్రింగ్ ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థ యొక్క (లేదా లఘు లోలకము) చలనాన్ని ఏకరీతి వృత్తాకార చలనముతో పోల్చడం.

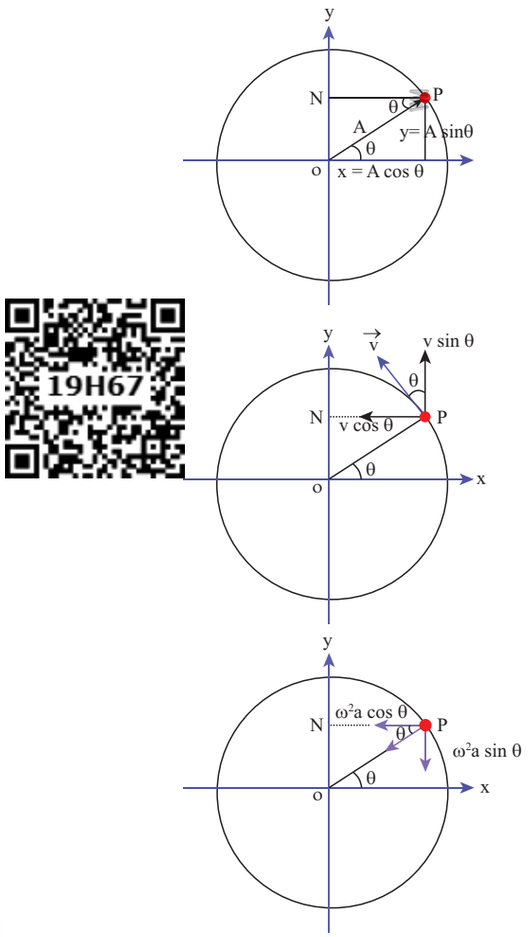
కావున ఏకరీతి వృత్తాకార చలనములో గల కణము యొక్క స్థితిని ఆ వృత్తం యొక్క వ్యాసముపై ఛాయ పడేటట్లు చేస్తే, (లేదా వ్యాసమునకు సమాంతరంగా నున్న రేఖపై ఛాయ పడేటట్లు చేస్తే) ఏర్పడిన చలనము సరళ రేఖ మార్గ చలనముగా ఉండును. ఈ వృత్తమును సరళ హరాత్మక చలనము యొక్క నిర్ణీత వృత్తము (*circle of reference*) అందురు. సరళ హరాత్మక చలనము అనునది ఒక నిర్ణీత వృత్తములో ఏ ఒక వ్యాసము మీద చలించే కణము స్థితి యొక్క ఛాయ (projection of position) అని కూడా నిర్వచించవచ్చును.

కృత్యము

అ. స్ప్రింగ్‌లు లోవైపు గల తరంగ రూపము యొక్క ఛాయను గీయుము.

ఆ. స్ప్రింగ్‌లు వెలుపల గల తరంగ రూపము యొక్క ఛాయను గీయుము.

10.2.2 సరళ హరాత్మక చలనములో స్థానభ్రంశము, దిశావేగము, త్వరణము మరియు వాటి యొక్క రేఖాచిత్ర వివరణ: (Displacement, velocity, acceleration and its graphical representation - SHM)



పటము 10.9 నిర్ణీత కాలము వద్ద కణము యొక్క స్థానభ్రంశము, దిశావేగము మరియు త్వరణము

స్థానభ్రంశము: ఒక నిర్ణీత క్షణ కాలము t లో కంపించే కణము, సమతాస్థితి బిందువు నుండి పయనించిన దూరమును స్థానభ్రంశము అనబడును.

పటము 10.9 లో చూపినట్లు ఒక నిర్ణీత కాలము t లో A వ్యాసార్ధము గల వృత్తముపై ఉన్న కణము యొక్క స్థితి P అనుకొనుము. t అనే క్షణములో ఆ కణము స్థానభ్రంశము y ను క్రింది విధముగా చూపవచ్చును. ΔOPN లో

$$\sin\theta = \frac{ON}{OP} \Rightarrow ON = OP\sin\theta \qquad (10.5)$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 196 28-02-2023 13:23:11

కాని $\theta = \omega t$, ON = y మరియు OP = A

$$y = A \sin \omega t \qquad (10.6)$$

$\sin \omega t = 1$ అయినపుడు స్థానభ్రంశం y అనునది గరిష్ట విలువ పొందును. (ఈ విలువ A కు సమానము)

మాధ్యమిక బిందువు నుండి కంపించే కణము పొందిన గరిష్ట స్థానభ్రంశమును కంపన పరిమితి A అందురు. సరళ హరాత్మక చలనములో కంపన పరిమితి స్థిరాంకముగా నుండును. సాధారణంగా సరళ హరాత్మక చలనము తప్ప మిగిలిన ఎటువంటి చలనములకు కంపన పరిమితి స్థిరాంకంగా ఉండదు. ఇది కాలము ఆధారంగా మార్పు చెందును.

దిశావేగము

స్థానభ్రంశ మార్పు రేటును దిశావేగము అందురు. కాలము ఆధారంగా సమీకరణము 10.6 ను అవకలనము చేయగా

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(\mathrm{A} \sin \omega t)$$

వృత్తాకార చలనములో (స్థిరమైన వ్యాసార్ధం) కంపన పరిమితి A స్థిరాంక మగును. మరియు ఏకరీతి వృత్తాకార చలనములో కోణీయ దిశావేగము ω స్థిరాంకము. కావున

$$v = \frac{dy}{dt} = \mathrm{A}\ \omega \cos \omega t \qquad (10.7)$$

అనే త్రికేణమితి సూత్రాలనుపయోగించగా మనము పొందినది

$$\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1 \Rightarrow \cos \omega t = \sqrt{1 - \sin^2 \omega t}$$

$$v = A\omega\sqrt{1 - \sin^2 \omega t}$$

సమీకరణము (10.6) నుండి,

$$\sin \omega t = \frac{y}{A}$$

$$v = A\omega\sqrt{1 - \left(\frac{y}{A}\right)^2}$$

$$v = \omega\sqrt{A^2 - y^2} \qquad (10.8)$$

సమీకరణము (10.8) నుండి స్థానభ్రంశము $y = 0$ అయితే దాని దిశావేగము $v = \omega A$ (గరిష్టం) మరియు గరిష్ఠ స్థానభ్రంశము $y = \mathrm{A}$, అయితే దాని దిశావేగము $v = 0$ (కనిష్ఠం) స్థానభ్రంశము శూన్యము నుండి గరిష్ఠ విలువకు అధికరించినపుడు, దిశావేగము గరిష్ఠము నుండి శూన్యమునకు తగ్గును. ఇది వ్యతిరేక దిశలో మరల జరుగును. దిశావేగము ఒక సదిశ రాశి కాబట్టి సమీకరణము (10.7) ను సదిశా అంశాలను కనుగొనుట ద్వారా పొందవచ్చును.

త్వరణము:

దిశావేగ మార్పు రేటును త్వరణము అందురు. సమీకరణము (10.7) ను కాలము ఆధారంగా అవకలనము చేయగా

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left(A\omega \cos \omega t\right)$$

$$a = -\omega^2 A \sin \omega t = -\omega^2 y \qquad (10.9)$$

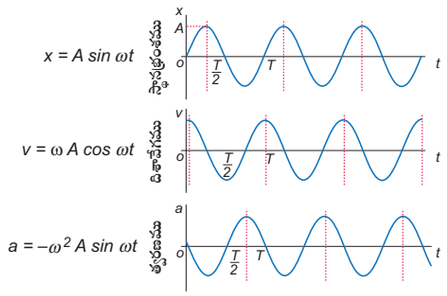
$$\therefore \quad a = \frac{d^2 y}{dt^2} = -\omega^2 y \qquad (10.10)$$

పట్టిక 10.1 మరియు పటము 10.10 నుండి క్రింది విషయములను తెలుసుకొనవచ్చును. మాధ్యమిక

పట్టిక 10.1 వివిధ క్షణ కాలముల వద్ద స్థానభ్రంశము, దిశావేగము మరియు త్వరణము

కాలము	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{2T}{4}$	$\frac{3T}{4}$	$\frac{4T}{4} = T$
ωt	0	$\frac{\neq}{2}$	π	$\frac{3\neq}{2}$	2π
స్థానభ్రంశము $y = A \sin \omega t$	0	A	0	$-A$	0
దిశావేగము $v = A\ \omega \cos \omega t$	$A\ \omega$	0	$-A\ \omega$	0	$A\ \omega$
త్వరణము $a = -A\ \omega^2 \sin \omega t$	0	$-A\ \omega^2$	0	$A\ \omega^2$	0

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 197 28-02-2023 13:23:15



పటము 10.10 వివిధ క్షణ కాలముల వద్ద స్థానభ్రంశము, దిశావేగము, త్వరణములలో మార్పు

బిందువు వద్ద ($y = 0$) కణము యొక్క దిశావేగము గరిష్ఠము కాని కణము యొక్క త్వరణము శూన్యము. గరిష్ఠ స్థితి నందు ($y = \pm A$) కణము యొక్క దిశావేగము శూన్యము కాని త్వరణము గరిష్ఠ విలువతో ($\pm A\omega^2$) వ్యతిరేక దిశలో పనిచేయును.

ఉదాహరణ 10.3

క్రింది వాటిలో ఏ సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలనమును సూచించును?

(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) $x = A \ln \omega t$

సాధన

(i) $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$

$$\frac{dx}{dt} = A\,\omega \cos \omega t - B\,\omega \sin \omega t$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 (A \sin \omega t + B \cos \omega t)$$

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

పై అవకలన సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలనము యొక్క అవకలన సమీకరణము లాగానే ఉన్నది. (సమీకరణము 10.10)
కావున $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$ అనే సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలనమును సూచించును.

(ii) $x = A \sin \omega t + B \cos 2\omega t$

$$\frac{dx}{dt} = A\,\omega \cos \omega t - B\,(2\omega) \sin 2\omega t$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 (A \sin \omega t + 4B \cos 2\omega t)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} \neq -\omega^2 x$$

పై అవకలన సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలన అవకలన సమీకరణము లాగా (సమీకరణము 10.10) లేదు. కావున $x = A \sin \omega t + B \cos 2\omega t$ అనే సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలనమును సూచించదు.

(iii) $x = A\, e^{i\omega t}$

$$\frac{dx}{dt} = A\, i\omega e^{i\omega t}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -A\,\omega^2\, e^{i\omega t} = -\omega^2 x \qquad (\because i^2 = -1)$$

పై అవకలన సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలనము యొక్క అవకలన సమీకరణము లాగానే (సమీకరణము 10.10) ఉన్నది. కావున $x = A\, e^{i\omega t}$ అనే సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలనమును సూచించును.

(iv) $x = A \ln \omega t$

$$\frac{dx}{dt} = \left(\frac{A}{\omega t}\right)\omega = \frac{A}{t}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{A}{t^2} \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} \neq -\omega^2 x$$

పై అవకలన సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలన అవకలన సమీకరణము లాగా (సమీకరణము 10.10) లేదు. కావున $x = A \ln \omega t$ అనే సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలనమును సూచించదు.

ఉదాహరణ 10.4

ఒక కణము సరళ హరాత్మక చలనములో ఉన్నదని అనుకుందాం. x_1 స్థితిలో కణము v_1 దిశావేగమును మరియు x_2 స్థితిలో v_2 దిశావేగమును పొందినట్లైతే ఆవర్తన కాలము మరియు కంపన పరిమితి మధ్యగల నిష్పత్తి

$\frac{T}{A} = 2\neq\sqrt{\frac{x_2^2 - x_1^2}{v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2}}$ అని నిరూపించుము

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 198 28-02-2023 13:23:16

సాధన

సమీకరణము (10.8) నుపయోగించగా

$$v = \omega\sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow v^2 = \omega^2 (A^2 - x^2)$$

కావున, x_1 స్థానము వద్ద,

$$v_1^2 = \omega^2(A^2 - x_1^2) \quad (1)$$

అలాగే x_2 స్థానము వద్ద,

$$v_2^2 = \omega^2(A^2 - x_2^2) \quad (2)$$

(1) నుండి (2) ను తీసివేయగా మనము పొందునది

$$v_1^2 - v_2^2 = \omega^2(A^2 - x_1^2) - \omega^2(A^2 - x_2^2)$$

$$= \omega^2(x_2^2 - x_1^2)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{v_1^2 - v_2^2}{x_2^2 - x_1^2}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{x_2^2 - x_1^2}{v_1^2 - v_2^2}} \quad (3)$$

(1) ను (2) చే భాగించగా

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\omega^2\left(A^2 - x_1^2\right)}{\omega^2\left(A^2 - x_2^2\right)} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2}{v_1^2 - v_2^2}} \quad (4)$$

(3) ను (4) చే భాగించగా,

$$\frac{T}{A} = 2\pi\sqrt{\frac{x_2^2 - x_1^2}{v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2}}$$

10.2.3 సరళ హరాత్మక చలనములో ఆవర్తన కాలము పౌనఃపున్యము, దశ, దశాబేధము మరియు ప్రారంభ దశ (Time period, frequency, phase, phase difference and epoch in SHM)

(i) ఆవర్తన కాలము (Time period)

కణము ఒక పూర్తి డోలనము చేయుటకు పట్టే కాలమును ఆవర్తన కాలము అందురు. దీనిని T అని గుర్తిస్తారు. ఒక పూర్తి డోలనమునకు పట్టే కాలము $t = \mathrm{T}$ కావున

$$\omega T = 2\pi \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (10.11)$$

సరళ హరాత్మక చలనమునకు లోబడు కణము యొక్క స్థానభ్రంశమును సైన్ (sine) లేదా కొసైన్ (cosine) ప్రమేయాలుగా గుర్తించవచ్చును.

$$y(t) = A \sin \frac{2\pi}{T} t \text{ లేక } y(t) = A \cos \frac{2\pi}{T} t$$

ఇచ్చట T అనునది ఆవర్తన కాలము. కాలము t కి బదులుగా $t + T$ అని ప్రతిక్షేపిస్తే,

$$y(t + T) = \mathrm{A} \sin \frac{2\pi}{T} (t + T)$$

$$= A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + 2\pi\right)$$

$$= A \sin \frac{2\pi}{T} t = y(t)$$

$$y(t + T) = y(t)$$

కావున పై ప్రమేయము ఒక ఆవర్తన కాలము తరువాతనూ మరల మరల జరిగే ప్రమేయమగును. ఈ $y(t)$ అనునది ఆవర్తన ప్రమేయమునకు ఉదాహరణ అగును.

(ii) పౌనఃపున్యము మరియు కోణీయ పౌనఃపున్యము:

ఒక కణము ఒక సెకండు కాలములో ఏర్పరిచే డోలనముల సంఖ్యను పౌనఃపున్యము అందురు. ఇది f అనే అక్షరంతో సూచించబడును. దీని SI ప్రమాణము s^{-1} లేదా హెర్ట్జ్ (Hz) అగును.

గణిత పద్ధతిలో పౌనఃపున్యము మరియు ఆవర్తన కాలమును క్రింది విధముగా సంబంధపరచవచ్చును.

$$f = \frac{1}{T} \quad (10.12)$$

ఒక సెకండు కాలములో ఏర్పడే చుట్టల సంఖ్యను కోణీయ పౌనఃపున్యము అందురు. దీనిని ω అనే గ్రీకు అక్షరముతో సూచిస్తారు. సమీకరణము (10.11) మరియు (10.12) లను పోల్చినపుడు కోణీయ పౌనఃపున్యము మరియు పౌనఃపున్యము మధ్య గల సంబంధము.

$$\omega = 2\pi f \quad (10.13)$$

కోణీయ పౌనఃపున్యము యొక్క SI ప్రమాణము rad s^{-1} (రేడియన్ పర్ సెకండ్ అని పలకాలి)

(iii) దశ (Phase)

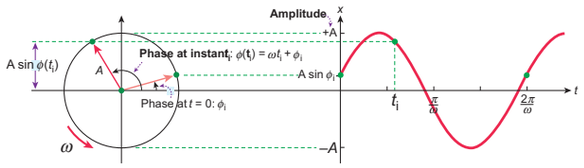
ఒక నిర్ణీత క్షణములో కంపించే కణము యొక్క దశ అనునది ఆ క్షణములో కణము యొక్క స్థితిని పూర్తిగా గుర్తించడం అగును. నిర్ణీత క్షణములో సగటు స్థితి ఆధారంగా కణము యొక్క స్థితి (position) మరియు చలన దిశలను దశ వివరిస్తుంది. (పటము 10.11)

$$y = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (10.14)$$

ఇచ్చట $\omega t + \varphi_0 = \varphi$ అనునది కంపించే కణము యొక్క దశ అగును. $t = 0\,s$ ప్రారంభ కాలములో కణము యొక్క దశ $\varphi = \varphi_0$ ను ప్రారంభ దశ అని అందురు. φ_0 అనునది ప్రారంభ దశ యొక్క కోణము *(angle of epoch)* అని అందురు.

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 199 28-02-2023 13:23:18

దశా భేదము: సరళ హరాత్మక చలనములో రెండు కణాలు చలిస్తున్నదని అనుకుందాం. వాటికి చలన సమీకరణాలు $y_1 = A\sin(\omega t + \varphi_1)$ మరియు $y_2 = A\sin(\omega t + \varphi_2)$ అయితే వాటి మధ్య గల దశా భేదము $\Delta\varphi = (\omega t + \varphi_2) - (\omega t + \varphi_1) = \varphi_2 - \varphi_1$.



పటము 10.11 రెండు వేర్వేరు క్షణ కాలములలో కంపించే కణము యొక్క దశ

ఉదాహరణ 10.5

ఒక నర్సు రోగి యొక్క సరాసరి హృదయ స్పందనను కొలిచి 0.8 సె అని ఆవర్తన కాలములో డాక్టరు దగ్గర తెలిపారు. రోగి యొక్క హృదయ స్పందనను ఒక నిమిషంలో స్పందన సంఖ్యలను లెక్కించుము.

సాధన

కొలవబడిన హృదయ స్పందనల సంఖ్యను f అనుకొందాం. ఆవర్తన కాలము అనునది హృదయ స్పందనకు విలోమానుపాతములో ఉండును కాబట్టి,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.8} = 1.25 s^{-1}$$

1 నిమిషము అనునది 60 సెకండ్లు అగును.

(1 సెకను = $\frac{1}{60}$ నిమిషము $\Rightarrow 1\ s^{-1} = 60\ min^{-1}$)

$f = 1.25\ s^{-1} \Rightarrow f = 1.25 \times 60\ min^{-1}$ = 75 స్పందనలు / నిమిషాలు

ఉదాహరణ 10.6

క్రింది ఇవ్వబడిన సరళ హరాత్మక డోలనములకైన కంపన పరిమితి, కోణీయ పౌనఃపున్యము, పౌనఃపున్యము, ఆవర్తన కాలము మరియు ప్రారంభ దశలను కనుగొనుము.

అ. $y = 0.3 \sin(40\pi t + 1.1)$

ఆ. $y = 2 \cos(\pi t)$

ఇ. $y = 3 \sin(2\pi t - 1.5)$

సాధన

సరళ హరాత్మక చలన సమీకరణాలు

$y = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ లేక $y = A\cos(\omega t + \varphi_0)$

అ. $y = 0.3 \sin(40\pi t + 1.1)$ అనే తరంగమునకు

కంపన పరిమితి $A = 0.3$ ప్రమాణము

కోణీయ పౌనఃపున్యము $\omega = 40\pi\ rad\ s^{-1}$

పౌనఃపున్యము $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{40\pi}{2\pi} = 20 Hz$

ఆవర్తన కాలము $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} = 0.05 s$

ఆరంభ దశ $\varphi_0 = 1.1$ rad

ఆ. $y = 2\cos(\pi t)$ అనే తరంగమునకు

కంపన పరిమితి $A = 2$ ప్రమాణము

కోణీయ పౌనఃపున్యము $\omega = \pi\ rad\ s^{-1}$

పౌనఃపున్యము $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\pi}{2\pi} = 0.5 Hz$

ఆవర్తన కాలము $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.5} = 2 s$

ఆరంభ దశ $\varphi_0 = 0$ rad

ఇ. $y = 3 \sin(2\pi t + 1.5)$ అనే తరంగమునకు

కంపన పరిమితి $A = 3$ ప్రమాణము

కోణీయ పౌనఃపున్యము $\omega = 2\pi\ rad\ s^{-1}$

పౌనఃపున్యము $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1 Hz$

ఆవర్తన కాలము $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1} = 1 s$

ఆరంభ దశ $\varphi_0 = 1.5$ rad

ఉదాహరణ 10.7

సరళ హరాత్మక చలనములో

అ. స్థానభ్రంశము మరియు దిశావేగము మధ్య గల దశా భేదము $\neq \frac{}{2}$ రేడియన్ లేక 90°

ఆ. దిశావేగము మరియు త్వరణము మధ్య గల దశా భేదము $\neq \frac{}{2}$ రేడియన్ లేక 90°

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 200 28-02-2023 13:23:20

ఇ. స్థానభ్రంశము మరియు త్వరణము మధ్య గల దశా భేదము π రేడియన్ లేక 180° అని నిరూపించుము.

సాధన

అ. సరళ హరాత్మక చలనములో నున్న కణము యొక్క స్థానభ్రంశము

$y = A \sin\omega t$

కణము యొక్క దిశావేగము

$$v = A\,\omega\cos\omega t = A\,\omega\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

కావున స్థానభ్రంశము మరియు దిశావేగము మధ్య గల దశాభేదము $\frac{\neq}{2}$

ఆ. కణము యొక్క దిశావేగము

$$v = A\,\omega\cos\omega t$$

కణము యొక్క త్వరణము

$$a = -A\omega^2\sin\omega t = A\omega^2\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

కావున దిశావేగము మరియు త్వరణము మధ్య గల దశా భేదము $\frac{\neq}{2}$

ఇ. కణము యొక్క స్థానభ్రంశము

$y = A \sin\omega t$

కణము యొక్క త్వరణము

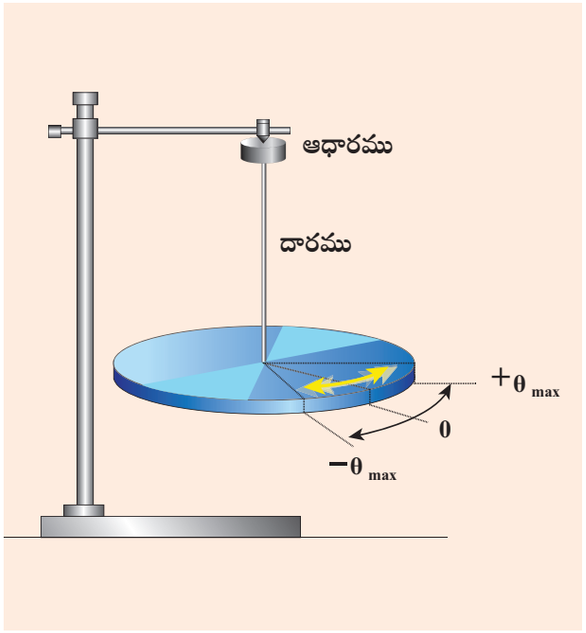
$a = -A\,\omega^2\sin\omega t = A\,\omega^2\sin(\omega t + \pi)$

కావున స్థానభ్రంశము మరియు త్వరణము మధ్యగల దశా భేదము π రేడియన్

10.3 కోణీయ హరాత్మక చలనము (ANGULAR SIMPLE HARMONIC MOTION)

10.3.1 కోణీయ హరాత్మక చలనములో ఆవర్తన కాలము మరియు పౌనఃపున్యము (Time period and frequency of angular SHM)

ఇవ్వబడిన అక్షము ఆధారంగా స్వేచ్ఛగా భ్రమణించే వస్తువు యొక్క డోలనములను, కోణీయ డోలనాలు



పటము 10.12 అక్షము ఆధారంగా స్వేచ్ఛగా భ్రమించే వస్తువు (డిస్క్)

అందురు. ఏ ఒక బిందువు వద్ద వస్తువుపై పనిచేసే ఫలిత బల భ్రామకము శూన్యమగునో ఆ బిందువును సమతాస్థితి బిందువు అందురు. వస్తువు సమతాస్థితి బిందువు నుండి స్థానభ్రంశము పొందినపుడు, పని చేయబడిన ఫలిత బల భ్రామకము కోణీయ స్థానభ్రంశమునకు అనులోమానుపాతములో నుండును మరియు ఈ బల భ్రామకము ఆ వస్తువుని సమతాస్థితికి తెచ్చుటకు ప్రయత్నించును. (బల భ్రామకము గురించి యూనిట్ – 5 లో వివరించబడియున్నది)

వస్తువు యొక్క కోణీయ స్థానభ్రంశము $\vec{\theta}$ అయితే వస్తువుపై పనిచేసే ఫలిత బల భ్రామకము $\vec{\tau}$

$$\vec{\tau} \propto \vec{\theta} \qquad (10.15)$$

$$\vec{\tau} = -\kappa\vec{\theta} \qquad (10.16)$$

ఇచ్చట κ అనునది పునఃస్థాపక బల భ్రామక స్థిరాంకము అగును. ఇది ఏకాంక కోణీయ స్థానభ్రంశముకైన బల భ్రామకము అగును. I అనునది వస్తువు యొక్క జడత్వ భ్రామకము మరియు $\vec{\alpha}$ అనునది కోణీయ త్వరణము అయితే

$$\vec{\tau} = I\vec{\alpha} = -\kappa\vec{\theta}$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 201 28-02-2023 13:23:21

కాని $\vec{\alpha}=\frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2}$

కావున $\frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2}=-\frac{\kappa}{I}\vec{\theta}$ (10.17)

పై సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలన అవకలన సమీకరణము లాగా వున్నది. కాబట్టి సమీకరణము (10.17) ను సమీకరణము (10.10) తో పోల్చినపుడు

మనము పొందునది $\omega=\sqrt{\frac{\kappa}{I}}\,rad\,s^{-1}$ (10.18)

కోణీయ సరళ హరాత్మక చలనము యొక్క పౌనఃపున్యము (సమీకరణము 10.13 నుండి)

$$f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\kappa}{I}}\,Hz \qquad (10.19)$$

ఆవర్తన కాలము (సమీకరణము (10.12) నుండి)

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{\kappa}}\ \text{సెకండు} \qquad (10.20)$$

10.3.2 సరళ హరాత్మక చలనము మరియు కోణీయ హరాత్మక చలనములను పోల్చుట: (Comparison of Simple Harmonic Motion and Angular Simple Harmonic Motion)

రేఖీయ సరళ హరాత్మక చలనములో వస్తువు యొక్క స్థానభ్రంశమును రేఖీయ స్థానభ్రంశము $\vec{r}$ తో కొలువబడుతున్నది. పునఃస్థాపక బలము $\vec{F}=-k\vec{r}$ ఇచ్చట k అనునది స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము లేదా బల స్థిరాంకము అగును. ఇది ఏకాంక స్థానభ్రంశముకైన బలముకు సమానమగును. రేఖీయ సరళ హరాత్మక చలనములో వస్తువు యొక్క జడత్వ కారకము (Inertia factor) అనునది వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి అగును.

కోణీయ సరళ హరాత్మక చలనములో, వస్తువు యొక్క స్థానభ్రంశమును కోణీయ స్థానభ్రంశము $\vec{\theta}$ తో కొలువబడుచున్నది. ఇచ్చట స్ప్రింగ్ కారకము అనునది బల భ్రామక స్థిరాంకము అగును. అనగా ఏకాంక కోణీయ స్థానభ్రంశముకైన బలయుగ్మ భ్రామక సామర్థ్యమగును. లేక ఏకాంక కోణీయ స్థానభ్రంశముకైన పునఃస్థాపక బల భ్రామకము అగును. కోణీయ సరళ హరాత్మక చలనములో వుండే వస్తువు యొక్క జడత్వ కారకమును వస్తువు యొక్క జడత్వ భ్రామకము అందురు.

పట్టిక 10.2 సరళ హరాత్మక చలనము మరియు కోణీయ హరాత్మక చలనములను పోల్చుట:

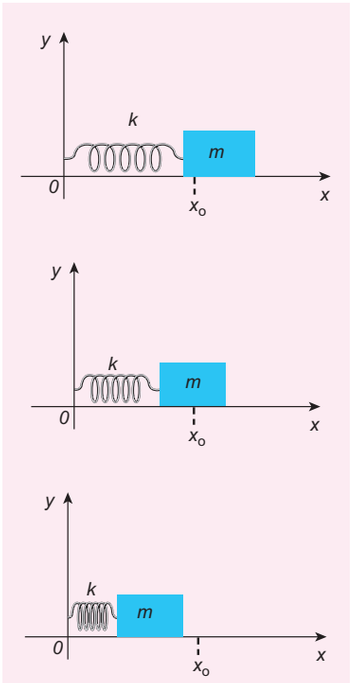
క్ర.స	సరళ హరాత్మక చలనము	కోణీయ హరాత్మక చలనము
1.	కణముల యొక్క స్థానభ్రంశము సరళ స్థానభ్రంశము $\vec{r}$ లో కొలువబడును.	కణముల యొక్క స్థానభ్రంశము కోణీయ స్థానభ్రంశము $\vec{\theta}$ కొలువబడును. (భ్రమణ కోణం అనియూ అందురు).
2.	కణముల త్వరణము $\vec{a}=-\omega^2\vec{r}$	కణముల కోణీయ త్వరణము $\vec{\alpha}=-\omega^2\vec{\theta}$.
3.	బలము $\vec{F}=m\vec{a}$ ఇక్కడ m అనునది కణముల ద్రవ్యరాశి అగును.	బల భ్రామకము $\vec{\tau}=I\vec{\alpha}$ ఇచ్చట I అనునది వస్తువు యొక్క జడత్వ భ్రామకము అగును.
4.	పునఃస్థాపక (restoring) బలము $\vec{F}=-k\vec{r}$, ఇచ్చట k అనునది పునఃస్థాపక బల స్థిరాంకము.	పునఃస్థాపక బల భ్రామకము $\vec{\tau}=-\kappa\vec{\theta}$ ఇచ్చట κ అనునది పునఃస్థాపక బల భ్రామక స్థిరాంకము (గ్రీకు అక్షరము *kappa* ను కప్పా అని పలకాలి) ఈ స్థిరాంకము ఒక నిర్ణీత దారపు పురిని అనుసరించి ఉండును.
5.	కోణీయ పౌనఃపున్యము $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$ rad s^{-1}	కోణీయ పౌనఃపున్యము, $\omega=\sqrt{\frac{\kappa}{I}}$ rad s^{-1}

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 202 28-02-2023 13:23:24

10.4

రేఖీయ సరళ హరాత్మక చలనము (LINEAR SIMPLE HARMONIC OSCILLATOR (LHO))

10.4.1 స్ప్రింగ్ – ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థలో క్షితిజ సమాంతర డోలనాలు: (Horizontal oscillations of a spring-mass system)



పటము 10.13 స్ప్రింగ్ – ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థలో క్షితిజ సమాంతర డోలనాలు

పటము 10.13 లో చూపినట్లు ద్రవ్యరాశి లేని స్ప్రింగ్‌తో m ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు సంధానించబడియున్నది. ఈ స్ప్రింగ్ ద్రవ్యరాశి నిర్మాణాన్ని ఘర్షణ లేని క్షితిజ సమాంతర తలముపై ఉంచబడియున్నదని అనుకుందాం. స్ప్రింగ్ యొక్క బల స్థిరాంకం లేదా దృఢత్వ స్థిరాంకం లేదా స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం k అగును. ఈ వ్యవస్థపై బలము పనిచేయనపుడు ద్రవ్యరాశి m యొక్క సమతాస్థితి బిందువు లేక మాధ్యమిక బిందువును x_0 అనుకొనుము. ద్రవ్యరాశిని సమతాస్థితి నుండి కుడివైపు x దూరమునకు లాగి స్థానభ్రంశము చేసి మళ్ళీ వదిలినట్లయితే ద్రవ్యరాశి అనునది మాధ్యమిక బిందువు x_0 ను అనుసరించి ముందుకు వెనుకకు డోలనమగును. స్ప్రింగ్ యొక్క సాగుదల వలన ఏర్పడే పునఃస్థాపక బలము F అనుకుందాం. ఈ బలము ద్రవ్యరాశి యొక్క స్థానభ్రంశమునకు అనులోమానుపాతములో నుండును.

$$F \propto x$$
$$F = -k\,x$$

ఏకమితి చలనమునకు, గణితపరంగా మనము పొందునది ఇచ్చట పునఃస్థాపక బలము k ఎల్లప్పుడూ స్థానభ్రంశముకు వ్యతిరేక దిశలో పనిచేస్తున్న దానిని ఋణాత్మక గుర్తు సూచిస్తున్నది. పై సమీకరణమును హూక్ నియమము అని అందురు. (యూనిట్ – 7 లో గమనించండి) ఇచ్చట పునఃస్థాపక బలము స్థానభ్రంశముతో ఏకీభవిస్తున్నదని గమనించవలెను. (అనగా బలము మరియు స్థానభ్రంశము యొక్క ఘాతాంకము (Exponent) ఒకటి అగును). ఇది ఎల్లప్పుడు సరిగ్గా ఉండదు, ఎందుకనగా కొన్ని సందర్భాలలో ఎక్కువ పరిమాణము గల సాగదీయు బలమును (Stretching force) మనము కలిగించినపుడు డోలనముల కంపన పరిమితులు ఎక్కువగా ఏర్పడును. (ఇదేమనగా బలము మరియు స్థానభ్రంశము x యొక్క అధిక ఘాతాలకు అనులోమానుపాతములో నుండును). కావున ఈ వ్యవస్థ యొక్క డోలనములు రేఖీయ డోలనములుగా ఉండదు కాబట్టి ఇవి రేఖీయము కాని డోలనములు అగును. ఇంత వరకు మనము రేఖీయ డోలనములు మాత్రమే వివాదించియున్నాము. దీని ఆధారంగా హూక్, నియమము చెల్లుబాటు అవుతుంది. (అనగా బలము మరియు స్థానభ్రంశము రేఖీయ సంబంధము గలవి).

న్యూటన్ రెండవ చలన నియమము నుండి సరళ హరాత్మక చలనములో గల కణము యొక్క సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -k\,x$$
$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x \qquad (10.21)$$

సమీకరణము (10.21) ను సరళ హరాత్మక చలన సమీకరణము (10.10) తో పోల్చగా

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

డోలకము యొక్క కోణీయ పౌనఃపున్యము లేదా సహజ పౌనఃపున్యము

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}\ \text{rad}\ s^{-1} \qquad (10.22)$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 203 28-02-2023 13:23:25

డోలకము యొక్క పౌనఃపున్యము

$$f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}\ \text{Hertz} \qquad (10.23)$$

మరియు డోలనముల ఆవర్తన కాలము

$$T=\frac{1}{f}=2\neq\sqrt{\frac{m}{k}}\ \text{సెకండు} \qquad (10.24)$$

సరళ హరాత్మక చలనములో డోలనముల ఆవర్తన కాలము కంపన పరిమితిపై ఆధారపడలేదు అని తెలియుచున్నది. ఈ డోలనములు సుమారుగా కొంత పరిమాణములో నున్నప్పుడు మాత్రమే వర్తించును. సరళ హరాత్మక చలనముల అవకలన సమీకరణము యొక్క సాధనను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$x(t) = A\sin(\omega t+\varphi) \qquad (10.25)$$

లేక

$$x(t) = A\cos(\omega t+\varphi) \qquad (10.26)$$

ఇచ్చట A, ω మరియు ϕ మొదలైనవి స్థిరాంకాలు. అవకలన సమీకరణము 10.21 యొక్క సాధారణ సాధన $x(t) = A\sin(\omega t+\varphi)+ B\cos(\omega t+\varphi)$ అగును. ఇచ్చట A, B స్థిరాంకాలు.

గమనిక

(అ) ద్రవ్యరాశి జడత్వ ధర్మంగాను, స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం స్థితి స్థాపక ధర్మంగాను ఉన్నందు వలన ఆవర్తన కాలము

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T=2\pi\sqrt{\frac{\text{జడత్వ ధర్మము}}{\text{స్థితిస్థాపక ధర్మము}}}=2\pi\sqrt{\frac{\text{స్థానభ్రంశము}}{\text{త్వరణము}}}$$

(ఆ) $\frac{\text{స్థానభ్రంశము}}{\text{త్వరణము}}=\frac{x}{\frac{d^2x}{dt^2}}=-\frac{m}{k}$, యొక్క $\frac{\text{స్థానభ్రంశము}}{\text{త్వరణము}}$ యొక్క పరిమాణపు విలువ $\frac{m}{k}$ కు సమానం.

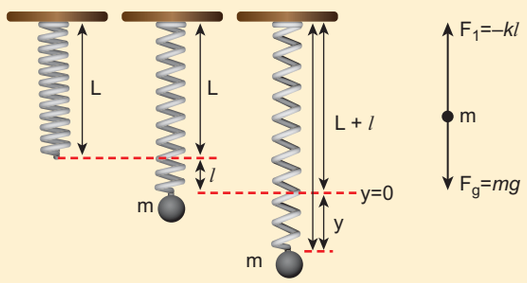
కావున

ఆవర్తన కాలము $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ కు సమానం.

10.4.2 స్ప్రింగ్‌ల నిలువు డోలనములు: (Vertical oscillations of a spring)



పటము 10.14 స్ప్రింగ్‌లు



పటము 10.15 స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము k గల ద్రవ్యరాశి లేని స్ప్రింగ్‌లు

పటము 10.15 లో చూపినట్లు ద్రవ్యరాశి లేని బల స్థిరాంకము లేక స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము k గల స్ప్రింగ్‌ను పై కప్పుకు (Ceiling) బిగించబడినదని అనుకుందాం. m ద్రవ్యరాశి కలుపుటకు ముందుగా స్ప్రింగ్ యొక్క పొడవును L అనుకుందాం. స్ప్రింగ్ యొక్క మరొక కొనలో m ద్రవ్యరాశిని కలిపినపుడు స్ప్రింగ్ l పొడవుకు సాగదీయబడును. స్ప్రింగ్ యొక్క పొడిగింపు కారణంగా ఏర్పడిన పునఃస్థాపక బలమును F_1 అనుకుందాం. ద్రవ్యరాశి m పై పనిచేయబడు గురుత్వాకర్షణ బలం అభిలంబముగా క్రింది వైపు ఉండును.

ఈ వ్యవస్థకు స్వేచ్ఛా వస్తువు యొక్క బల చిత్రపటమును పటము 10.15 లో చూపబడియున్నది. ఈ వ్యవస్థ సమతా స్థితిలో నున్నప్పుడు

$$F_1 + mg = 0 \qquad (10.27)$$

కాని స్ప్రింగ్ l పొడవు గల స్థానభ్రంశముకు సాగదీయబడినది. కావున

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 204 28-02-2023 13:23:26

$$F_1 \propto l \Rightarrow F_1 = -kl \qquad (10.28)$$

సమీకరణము (10.28) ను సమీకరణము (10.27) లో ప్రతిక్షేపించగా మనము పొందునది

$$-kl + mg = 0$$
$$mg = kl$$
లేక
$$\frac{m}{k} = \frac{l}{g} \qquad (10.29)$$

అతి తక్కువ పరిమాణము గల బాహ్య బలమును ద్రవ్యరాశిపై మనము కలుగజేస్తే ఆ ద్రవ్యరాశి ఇంకనూ క్రింది వైపు దిశలో స్థానభ్రంశము y వరకు సాగదీయబడును మరియు అది పైకి క్రిందకు డోలనమగును. ఇప్పుడు స్ప్రింగ్ యొక్క మొత్తం పొడిగింపు $y + l$

$$F_2 \propto (y + l)$$
$$F_2 = -k(y + l) = -ky - kl \qquad (10.30)$$

$\frac{d^2y}{dt^2}$ అనే త్వరణముతో చలించే ద్రవ్యరాశికి స్వేచ్ఛా బల చిత్రపటము గీస్తే, మనము పొందినది.

$$-ky - kl + mg = m\frac{d^2y}{dt^2} \qquad (10.31)$$

పొడిగింపు కారణంగా ద్రవ్యరాశిపై పనిచేయు మొత్తం బలము

$$F = F_2 + mg$$
$$F = -ky - kl + mg \qquad (10.32)$$

గురుత్వాకర్షణ బలము, పునఃస్థాపక బలముకు వ్యతిరేకంగా ఉండును. సమీకరణము (10.29) ను సమీరణము (10.32) లో ప్రతిక్షేపించగా మనము పొందినది

$$F = -ky - kl + kl = -ky$$

న్యూటన్ రెండవ నియమమును ఉపయోగించగా

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -ky$$
$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{k}{m}y \qquad (10.33)$$

పై సమీకరణము సరళ హరాత్మక చలనము యొక్క అవకలన సమీకరణ రూపము అగును. కావున

ఆవర్తన కాలము $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ సెకండు (10.34)

గమనిక

స్ప్రింగ్‌ల సమాంతర డోలనములు మరియు నిలువు డోలనములు యొక్క ఆవర్తన కాలము సమానముగా నుండును.

సమీకరణము (10.29) నుపయోగించి ఆవర్తన కాలమును మరొక రూపములో వ్రాయగా

ఆవర్తన కాలము $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ సెకండు (10.35)

పై సమీకరణము నుండి గురుత్వాకర్షణ త్వరణము g విలువను పొందవచ్చును.

$$g = 4\pi^2\left(\frac{l}{T^2}\right) \text{ m s}^{-2} \qquad (10.36)$$

ఉదాహరణ 10.8

ఒక స్ప్రింగ్ త్రాసు 0.25 m పొడవును 0 నుండి 25 kg వరకు ద్రవ్యరాశిని కొలిచే విధముగా నిర్మించబడినది. ఈ స్ప్రింగ్ త్రాసుని 11.5 m s^{-2} గురుత్వాకర్షణ త్వరణము గల X అని మనకు తెలియని ఒక గ్రహములో తీసుకొనబడుతున్నది. M kg ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువు స్ప్రింగ్ త్రాసులో వ్రేలాడదీసినపుడు 0.50 s ఆవర్తన కాలముతో డోలనము చెందినది. వస్తువుపై పనిచేయబడు గురుత్వాకర్షణ బలమును కనుగొనుము.

సాధన

సమీకరణము (10.29) నుపయోగించి స్ప్రింగ్ త్రాసు యొక్క దృఢత గుణకమును లెక్కించవలెను.

$$k = \frac{mg}{l} = \frac{25 \times 11.5}{0.25} = 1150\ N\,m^{-1}$$

డోలనాల ఆవర్తన కాలము $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$,

ఇచ్చట M అనునది వస్తువు ద్రవ్యరాశి M విలువ తెలియదు కాబట్టి పై సమీకరణమును క్రింది విధంగా మార్చి వ్రాసి M విలువను కనుగొనవచ్చును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 205 28-02-2023 13:23:29

$$M = \frac{kT^2}{4\pi^2} = \frac{(1150)(0.5)^2}{4\pi^2} = 7.3kg$$

వస్తువుపై పనిచేయబడు గురుత్వాకర్షణ బలము
$W = Mg = 7.3 \times 11.5 = 83.95\ N \approx 84\ N$

10.4.3 స్ప్రింగ్‌ల కలయిక (Combinations of springs)



పటము 10.16 మోటారు సైకిల్‌లో నున్న షాక్ శోషకం (shock-absorber) లో గల స్ప్రింగ్‌ల కలయిక

స్ప్రింగ్ యొక్క దృఢతా గుణమును స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం లేదా బల స్థిరాంకం లేదా దృఢతా స్థిరాంకం వలన కొలువబడుచున్నది.

స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం యొక్క విలువ ఎక్కువగా వుంటే స్ప్రింగ్ దృఢముగా వుండును. స్ప్రింగ్‌ను పొడిగింపు చేయుటకు లేదా అదుముటకు ఎక్కువ బలాన్ని కలుగజేయవలెను అని ఇది తెలుపుతున్నది. ఇదే విధముగా స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము విలువ తక్కువైతే తక్కువ బలమును కలుగజేసి స్ప్రింగ్‌ను పొడిగింపు చేయుటకు లేదా అదుముటకు వీలగును.

స్ప్రింగ్‌లను రెండు పద్ధతులలో కలుపవచ్చును. ఒకటి శ్రేణి సంధానం మరొకటి సమాంతర సంధానం

అ. స్ప్రింగ్‌లు శ్రేణి సంధానంలో నున్నప్పుడు కాని

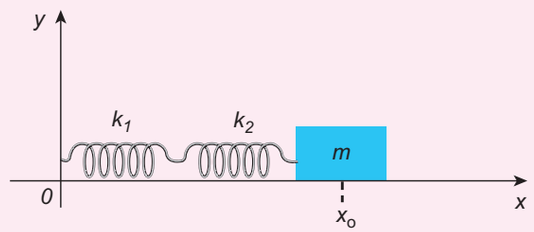
ఆ. స్ప్రింగ్‌లు సమాంతర సంధానంలో నున్నప్పుడు కాని.

ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకమును కనుగొనడం క్రింది విభాగములో వివరించబడినది

అ. శ్రేణి సంధానంలోనున్న స్ప్రింగ్‌లు

రెండు లేక అంతకంటే ఎక్కువ స్ప్రింగ్‌లను శ్రేణిలో సంధానించబడి ఉన్నదనుకుందాం. శ్రేణిలో వున్న స్ప్రింగ్‌లు ఏర్పరచు మొత్తం ఫలితమునకు సమానమైన ఫలితమును ఏర్పరిచే ఒక స్ప్రింగ్‌ను కూడ (ఫలిత స్ప్రింగ్) మనము ఉపయోగించవచ్చును.

k_1, k_2, k_3 అనే తెలిసిన విలువ గల విడి విడి స్ప్రింగ్ స్థిరాంకాలు మరియు k_s అనే తెలిసిన విలువ గల ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము మధ్య గల గణిత సంబంధాన్ని మనము రాబట్టవచ్చును. సులభము కోసం k_1, k_2 స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము గల రెండు స్ప్రింగ్‌లను మాత్రము తీసుకుందాం. అవి పటము 10.17 లో చూపినట్లు m ద్రవ్యరాశితో కలుపబడియున్నదనుకుందాం. దీని మూలంగా పొందిన ఫలితాన్ని ఉపయోగించి శ్రేణిలో అనేక సంఖ్యలో కలుపబడిన స్ప్రింగ్‌ల యొక్క తగిన ఫలితాన్ని పొందవచ్చును.



పటము 10.17 స్ప్రింగ్‌ల శ్రేణి సంధానం

పటము 10.18 లో చూపినట్లు కుడివైపు బాహ్య బలము F అందించబడినది అనుకుందాం. ప్రతి యొక్క స్ప్రింగ్‌ల స్ప్రింగ్ స్థిరాంకాలు వేర్వేరుగా నుండును. మరియు వాటి మధ్యగల సంధానం దృఢత్వముగా ఉండదు. కావున అవి వివిధ పొడవుకు సాగదీయబడును.

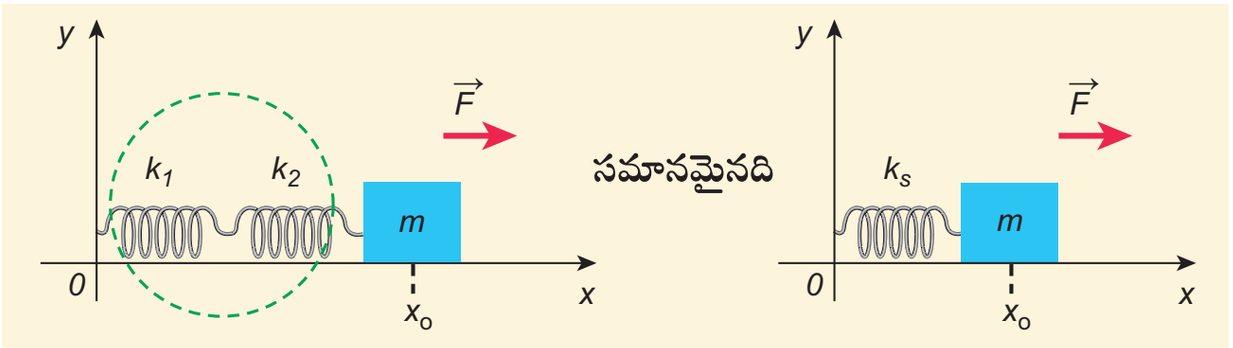
కలిగించిన బలము F కారణంగా స్ప్రింగ్ వాటి సమతాస్థితి నుండి సాగదీయబడిన దూరమును వరుసగా x_1 మరియు x_2 అనుకుందాం. కావున ద్రవ్యరాశి బిందువు యొక్క మొత్తం స్థానభ్రంశము

$$x = x_1 + x_2 \qquad (10.37)$$

హూక్ నియమము నుండి

$$F = -k_s(x_1 + x_2) \Rightarrow x_1 + x_2 = -\frac{F}{k_s} \qquad (10.38)$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 206 28-02-2023 13:23:29



పటము 10.18 శ్రేణి సంధానంలోనున్నప్పుడు ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము

స్ప్రింగ్‌లు శ్రేణి సంధానంలో ఉన్నందు వలన

$$-k_1x_1 = -k_2x_2 = F$$

$$\Rightarrow x_1 = -\frac{F}{k_1} \text{ మరియు } x_2 = -\frac{F}{k_2} \quad (10.39)$$

కావున సమీకరణము (10.39) ను సమీకరణము (10.38) లో ప్రతిక్షేపించి ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకమును లెక్కించవచ్చును.

$$-\frac{F}{k_1} - \frac{F}{k_2} = -\frac{F}{k_s}$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

లేక

$$k_s = \frac{k_1k_2}{k_1 + k_2} \text{ Nm}^{-1} \quad (10.40)$$

"n" సంఖ్యలో స్ప్రింగ్‌లను శ్రేణి సంధానంలో కలిపినపుడు ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \ldots + \frac{1}{k_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{k_i} \quad (10.41)$$

అన్ని స్ప్రింగ్ స్థిరాంకాలు సమానమైతే $k_1 = k_2 = \ldots = k_n = k$ అయిన

$$\frac{1}{k_s} = \frac{n}{k} \Rightarrow k_s = \frac{k}{n} \quad (10.42)$$

ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం విలువ "n" రెట్లు తగ్గునని తెలియుచున్నది. కావున స్ప్రింగ్‌లు శ్రేణిలో కలిపినపుడు ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం విలువ వాటి విడి విడి స్ప్రింగ్ స్థిరాంకాల విలువలకన్నా తక్కువగా నుండును. సమీకరణము (10.39) నుండి మనము పొందునది

$$k_1x_1 = k_2x_2$$

అదుమబడిన పొడవులు లేదా సాగదీయబడిన పొడవులు x_1 మరియు x_2 మధ్య గల నిష్పత్తి

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{k_1}{k_2} \quad (10.43)$$

మొదటి మరియు రెండవ స్ప్రింగ్‌లలో నిలువజేయబడి యున్న పునఃస్థాపక స్థితిజ శక్తి వరుసగా $U_1 = \frac{1}{2}k_1x_1^2$ మరియు $U_2 = \frac{1}{2}k_2x_2^2$ అయితే వాటి మధ్య నిష్పత్తి

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1}{2}k_1x_1^2}{\frac{1}{2}k_2x_2^2} = \frac{k_1}{k_2}\left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2 = \frac{k_2}{k_1} \quad (10.44)$$

గమనిక

దృఢతా గుణకం యొక్క విలోమ విలువను మృధువైన స్థిరాంకం (flexible constant) లేదా సమ్మతి (compliance) అనబడును. ఇది C^{-1} అను అక్షరముతో సూచించబడును. దీని ప్రమాణము Nm^{-1}. n స్ప్రింగ్‌లు శ్రేణిలో కలిపియుంటే వాటి ఫలిత మృధువైన స్థిరాంకం

$$C_s = \sum_{i=1}^{n} C_i$$

n స్ప్రింగ్‌లు సమాంతరంగా కలిపియుంటే వాటి ఫలిత మృధువైన స్థిరాంకం

$$\frac{1}{C_p} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 207 28-02-2023 13:23:33

ఉదాహరణ 10.9

$1\,N\,m^{-1}$ మరియు $2\,N\,m^{-1}$ బల స్థిరాంకాలు గల రెండు స్ప్రింగ్‌లు శ్రేణిలో కలుపబడియున్నవి. ఈ వ్యవస్థ యొక్క ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం (k_s) లెక్కించుము. మరియు k_s ను గూర్చిన అభిప్రాయం తెలుపుము.

సాధన

$$k_1 = 1\,N\,m^{-1},\ k_2 = 2\,N\,m^{-1}$$

$$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}\ N\,m^{-1}$$

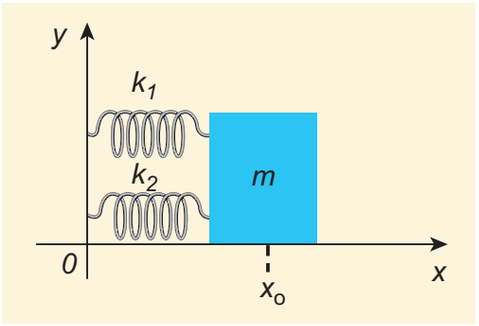
$$k_s = \frac{1\times 2}{1+2} = \frac{2}{3}\ N\,m^{-1}$$

$$k_s < k_1 \text{ మరియు } k_s < k_2$$

కావున ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం విలువ k_1 మరియు k_2 విలువల కంటే తక్కువగా నున్నదని తెలియుచున్నది.

ఆ. సమాంతర సంధానంలో స్ప్రింగ్‌లు

రెండు లేక అంతకంటే ఎక్కువ స్ప్రింగ్‌లను సమాంతర సంధానంలో కలుపబడియున్నదని అనుకుందాం. సమాంతరంలో వున్న స్ప్రింగ్‌లు ఏర్పరచు మొత్తం ఫలితమునకు సమానమైన ఫలితమును ఏర్పరిచే ఒకే ఒక స్ప్రింగ్‌ను కూడ (ఫలిత స్ప్రింగ్) మనము ఉపయోగించవచ్చును. k_1, k_2, k_3 అనే తెలిసిన విలువ గల విడి విడి స్ప్రింగ్ స్థిరాంకాలు మరియు k_p అనే తెలిసిన విలువ గల ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం మధ్య గల గణిత సంబంధాన్ని మనము రాబట్టవచ్చును. సులభము కొరకు k_1, k_2 స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం గల రెండు స్ప్రింగ్‌లను మాత్రము తీసుకుందాం. అవి పటము 10.19 లో చూపినట్లు m ద్రవ్యరాశితో కలుపబడియున్నదనుకుందాం. ఇందు మూలంగా పొందిన ఫలితాన్ని ఉపయోగించి సమాంతరంలో అనేక సంఖ్యలో కలుపబడిన స్ప్రింగ్‌ల యొక్క తగిన ఫలితాన్ని పొందవచ్చును.



పటము 10.19 స్ప్రింగ్‌ల సమాంతర సంధానము

పటము 10.20 లో చూపినట్లు కుడివైపు బాహ్యబలము Fను అందించబడినదని అనుకుందాం. ఈ సంఘటనలో రెండు స్ప్రింగ్‌లు ఒకే పరిమాణములో సాగదీయబడును లేదా అదుమబడును. కావున m ద్రవ్యరాశి పొందిన స్థానభ్రంశము x అయితే

$$F = -k_p x \qquad (10.45)$$

ఇచ్చట k_p అనునది ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం అగును. మొదటి స్ప్రింగ్‌లో x స్థానభ్రంశంకు సాగదీయడానికి కలిగించిన బలము F_1 అనియు మరియు రెండవ స్ప్రింగ్‌లో అదే స్థానభ్రంశం x పొడవుకు సాగదీయడానికి కలిగించిన బలము F_2 అనియు అనుకుంటే దాని ఫలిత బలము

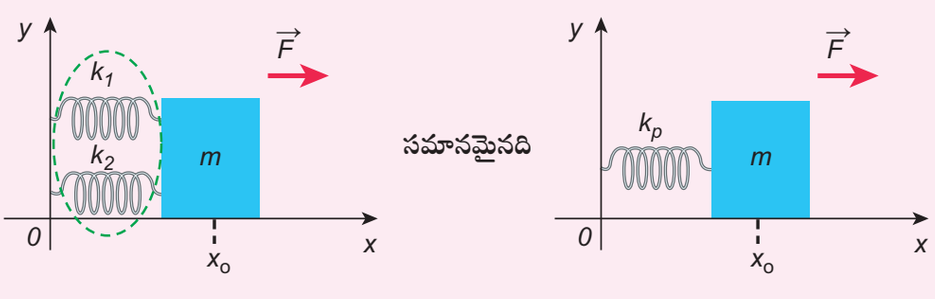
$$F = -k_1 x - k_2 x \qquad (10.46)$$

సమీకరణము (10.46) మరియు (10.45) ల నుండి

$$k_p = k_1 + k_2 \qquad (10.47)$$

n సంఖ్యలో స్ప్రింగ్‌లు సమాంతరంగా కలిపినట్లైతే

$$k_p = \sum_{i=1}^{n} k_i \qquad (10.48)$$



పటము 10.20 స్ప్రింగ్‌లు సమాంతర సంధానంలో నున్నప్పుడు ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 208 28-02-2023 13:23:34

అన్ని స్ప్రింగ్ స్థిరాంకాల విలువ సమానమైతే $k_1 = k_2 = \ldots = k_n = k$ అయిన

$$k_p = n\,k \qquad (10.49)$$

ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం n రెట్లు అధికమగును అని తెలియుచున్నది. కావున స్ప్రింగ్‌లు సమాంతరంగా కలిపినట్లైతే ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం విలువ విడి విడి స్ప్రింగ్ స్థిరాంకాల విలువ కంటే అధికంగా ఉండును.

గమనిక

స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము స్ప్రింగ్ యొక్క పొడవుకు విలోమానుపాతంలో నుండును.

$$k \propto \frac{1}{\text{స్ప్రింగ్ యొక్క పొడవు}}$$

ఒక స్ప్రింగ్‌ను రెండు భాగాలుగా విభజించబడినది అనుకుందాం. ఒకదాని పొడవు l_1 మరొకదాని పొడవు l_2 మరియు $l_1 = nl_2$ అయితే మొదటి పొడవు యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం $k_1 = \frac{k(n+1)}{n}$ మరియు రెండవ పొడవు యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము $k_2 = (n+1)\,k$ అగును. ఇచ్చట k అనునది స్ప్రింగ్‌ను విభజించుటకు ముందు ఉన్న అసలు స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం అగును.

ఉదాహరణ 10.10

$1\,\mathrm{N\,m^{-1}}$ మరియు $2\,\mathrm{N\,m^{-1}}$ స్ప్రింగ్‌ల బల స్థిరాంకాలు గల రెండు స్ప్రింగ్‌లు సమాంతరంగా కలుపబడియున్నవి. ఈ వ్యవస్థ యొక్క ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం (k_p) లెక్కించుము మరియు k_p ను గూర్చిన అభిప్రాయం తెలుపుము.

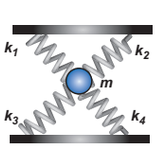
సాధన

$$k_1 = 1\,\mathrm{N\,m^{-1}},\ k_2 = 2\,\mathrm{N\,m^{-1}}$$
$$k_p = k_1 + k_2\,\mathrm{N\,m^{-1}}$$
$$k_p = 1 + 2 = 3\,\mathrm{N\,m^{-1}}$$
$$k_p > k_1 \text{ మరియు } k_p > k_2$$

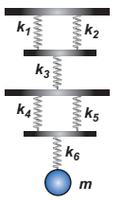
కావున ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం విలువ k_1 మరియు k_2 విలువల కంటే ఎక్కువగా నున్నదని తెలియుచున్నది.

ఉదాహరణ 10.11

క్రింది వ్యవస్థల ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంక విలువను లెక్కించుము మరియు అన్ని స్ప్రింగ్‌లకు స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము విలువలు సమానమని అనుకొని లెక్కించుము.



(అ)



సాధన

అ. k_1 మరియు k_2 సమాంతర సంధానంలో నున్నందు వలన $k_u = k_1 + k_2$
ఇదే విధముగా k_3 మరియు k_4 సమాంతర సంధానంలో $k_d = k_3 + k_4$
k_u మరియు k_d లు శ్రేణి సంధానంలో ఉన్నది.

కావున, $k_{eq} = \frac{k_u k_d}{k_u + k_d}$

అన్ని స్ప్రింగ్‌ల స్థిరాంకాలు సమానము కావున
$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k$
కావున $k_u = 2k$ మరియు $k_d = 2k$

కావున, $k_{eq} = \frac{4k^2}{4k} = k$

ఆ. k_1 మరియు k_2 సమాంతర సంధానంలో ఉన్నది. కావున $k_A = k_1 + k_2$ ఇదే విధముగా k_4 మరియు k_5 సమాంతరంగా ఉన్నందు వలన $k_B = k_4 + k_5$ అయితే k_A, k_3, k_B, మరియు k_6 శ్రేణిలో ఉన్నందు వలన

కావున, $\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_A} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_B} + \frac{1}{k_6}$

అన్ని స్ప్రింగ్ స్థిరాంకాలు సమానము కాబట్టి,
$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = k_6 = k$
$k_A = 2k$ మరియు $k_B = 2k$

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{2k} + \frac{1}{k} + \frac{1}{2k} + \frac{1}{k} = \frac{3}{k}$$

$$k_{eq} = \frac{k}{3}$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 209 28-02-2023 13:23:36

ఉదాహరణ 10.12

m ద్రవ్యరాశి v అనే వేగముతో ఒక ఘర్షణ లేని క్షితిజ తలములో వెళ్ళి, దాదాపు ద్రవ్యరాశి లేని స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము k గల స్ప్రింగ్‌పై అభిఘాతము చెందినది. అభిఘాతము తరువాత ద్రవ్యరాశి నిశ్చల స్థితికి వచ్చినట్లైతే స్ప్రింగ్ యొక్క గరిష్ఠ సంకోచము (compression) ను లెక్కించుము.

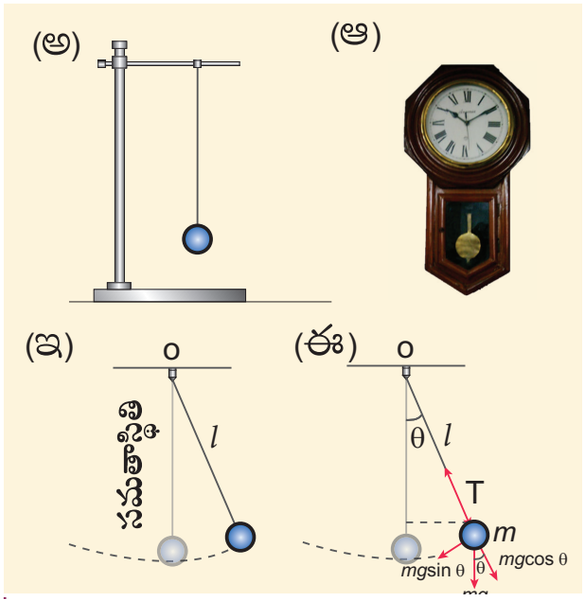
సాధన

ద్రవ్యరాశి స్ప్రింగ్‌పై అభిఘాతం చెందునపుడు ద్రవ్యరాశిలో ఏర్పడిన గతిజశక్తి నష్టము స్ప్రింగ్‌లో పునఃస్థాపక స్థితిజ శక్తిగా పొందబడును. (శక్తి నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం) x అనునది స్ప్రింగ్ యొక్క సంకోచక దూరము అనుకుంటే శక్తి నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం

$$\frac{1}{2}m\,v^2 = \frac{1}{2}k\,x^2 \Rightarrow x = v\sqrt{\frac{m}{k}}$$

10.4.4 సరళ హరాత్మక చలనములో లఘు లోలక డోలనములు మరియు లఘు లోలక నియమములు

లఘు లోలకము



పటము 10.21 లఘు లోలకము

లఘు లోలకము అనునది ఆవర్తన చలనము ఏర్పరిచే ఒక యాంత్రిక వ్యవస్థ అగును. పొడవాటి దారములో (ద్రవ్యరాశి లేని, స్థితిస్థాపకత లేని దారము) m ద్రవ్యరాశి గల గుండును ఒక కొనలో బిగించి మరొక కొనను పటము 10.21 (అ) లో చూపినట్లు స్టాండుకు బిగించవలెను. సమతా స్థితి నందు లఘు లోలకము డోలనము లేకుండా అభిలంబముగా క్రింది వైపుకు వ్రేలాడిదీయబడి యుండును. ఈ స్థితిని సమతాస్థితి బిందువు లేదా మాధ్యమిక బిందువు అందురు. లఘు లోలకమును సమతాస్థితి బిందువు నుండి కొంత స్థానభ్రంశమునకు లోబరిచి వదిలినపుడు లోలక గుండు ముందుకు వెనుకకు చలనమును ఏర్పరచును. లఘు లోలక పొడవు l అనునది వ్రేలాడదీయబడియున్న బిందువుకు లఘు లోలక గుండు యొక్క గురుత్వాకర్షణ కేంద్రమునకు మధ్య గల దూరము అగును. పటము 10.21 (ఈ), చూపినట్లు లఘు లోలకముపై ఎటువంటి స్థానభ్రంశ సందర్భంలోను రెండు బలాలు పనిచేయును.

(i) గురుత్వాకర్షణ బలము $\vec{F}=m\vec{g}$ అభిలంబముగా క్రింది వైపు పనిచేయును.

(ii) వ్రేలాడ దీయబడియున్న బిందువు వైపు దారము గుండా పనిచేయు తన్యత $\vec{T}$

గురుత్వాకర్షణ బలమును రెండు అంశములుగా విభజించినపుడు

అ. **అభిలంబ అంశము**: దారము గుండా తన్యతకు వ్యతిరేక దిశలో పనిచేయు అంశము $F_{as} = mg\cos\theta$.

ఆ. **స్పర్శరేఖా అంశము**: దారమునకు లంబముగా గల అంశము అనగా చాపము యొక్క స్పర్శరేఖ దిశలో గల అంశము $F_{ps} = mg\sin\theta$.

కావున దారము గుండా బలము యొక్క లంబ అక్షము

$$T - F_{as} = m\frac{v^2}{l}$$

ఇచ్చట v అనునది లఘు లోలక గుండు వేగము

$$T - mg\cos\theta = m\frac{v^2}{l} \qquad (10.50)$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 210 28-02-2023 13:23:37

గమనిక

న్యూటన్ రెండవ నియమము ప్రకారము $\vec{F} = m\vec{a}$ ఇచ్చట ఎడమ వైపు గల మొత్తము బలము $T\text{-}F_{as}$ కు సమానంగాను మరియు కుడివైపు గల $m\vec{a}$ అనునది అభికేంద్ర బలము $= \frac{mv^2}{l}$ కు సమానముగాను ఉన్నందు వలన లఘు లోలకము డోలనము చెందును.

పటము 10.21 ను గమనించినపుడు గురుత్వాకర్షణ బలము యొక్క స్పర్శరేఖ అంశము W_{ps} ఎల్లప్పుడు సమతాస్థితి వైపునే ఉండును. అనగా గురుత్వాకర్షణ బలము అనునది, లఘు లోలకము సమతాస్థితి బిందువు నుండి పొందిన స్థానభ్రంశమునకు వ్యతిరేక దిశలో నుండును. ఈ స్పర్శరేఖ బలమును పునఃస్థాపక బలము అందురు. స్పర్శరేఖ బలమును న్యూటన్ రెండవ నియమము నుండి పొందవచ్చును.

$$m\frac{d^2s}{dt^2} + F_{ps} = 0 \Rightarrow m\frac{d^2s}{dt^2} = -F_{ps}$$

$$m\frac{d^2s}{dt^2} = -mg\sin\theta \qquad (10.51)$$

ఇచ్చట s అనునది లఘు లోలకము యొక్క స్థానభ్రంశము అగును. ఇది వృత్త చాపము ద్వారా కొలువబడును. వృత్త చాపము యొక్క పొడవును కోణీయ స్థానభ్రంశము ద్వారా పొందవచ్చును. అనగా

$$s = l\theta \qquad (10.52)$$

దీని త్వరణము

$$\frac{d^2s}{dt^2} = l\frac{d^2\theta}{dt^2} \qquad (10.53)$$

సమీకరణము (10.53) ను సమీకరణము (10.51) లో ప్రతిక్షేపించగా మనము పొందునది

$$l\frac{d^2\theta}{dt^2} = -g\sin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\sin\theta \qquad (10.54)$$

పై అవకలన సమీకరణములో $\sin\theta$ ఉన్నందు వలన ఈ సమీకరణము రేఖీయము కాని (non-linear) అవకలన సమీకరణము అగును. తక్కువ డోలనములో దాదాపు $\sin\theta \approx \theta$ కాబట్టి పై అవకలన సమీకరణము రేఖీయ అవకలన సమీకరణము అగును.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta \qquad (10.55)$$

ఇది బాగుగా తెలిసిన డోలన అవకలన సమీకరణము. కావున డోలకము యొక్క కోణీయ పౌనఃపున్యము (వ్యవస్థ యొక్క సహజ పౌనఃపున్యము)

$$\omega^2 = \frac{g}{l} \qquad (10.56)$$

$$\Rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}\ \text{rad}\ s^{-1} \qquad (10.57)$$

డోలనము యొక్క పౌనఃపున్యము

$$f = \frac{1}{2\neq}\sqrt{\frac{g}{l}}\ \text{Hz} \qquad (10.58)$$

డోలనము యొక్క ఆవర్తన కాలము

$$T = 2\neq\sqrt{\frac{l}{g}}\ \text{సెకండు} \qquad (10.59)$$

లఘు లోలక నియమాలు:

లఘు లోలకము యొక్క ఆవర్తన కాలము

అ. క్రింది నియమాలపై ఆధారపడియుండును.

(i) పొడవు యొక్క నియమము

ఇవ్వబడిన గురుత్వాకర్షణ త్వరణ విలువకు, లఘు లోలకము యొక్క ఆవర్తన కాలము అనునది లఘు లోలక పొడవు వర్గమూలానికి అనులోమాను పాతములో నుండును.

$$T \propto \sqrt{l} \qquad (10.60)$$

(ii) త్వరణము యొక్క నియమము

ఇవ్వబడిన లఘు లోలకము యొక్క పొడవు స్థిరముగా నున్నప్పుడు, లఘు లోలక ఆవర్తన కాలము అనునది గురుత్వాకర్షణ త్వరణ వర్గమూలమునకు విలోమాను పాతములో నుండును

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}} \qquad (10.61)$$

ఆ. క్రింది అంశములపై ఆధారపడదు

(i) లోలక గుండు యొక్క ద్రవ్యరాశి

లఘు లోలక ఆవర్తన కాలము ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడి ఉండదు. ఇది తనంతట క్రింద

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 211 28-02-2023 13:23:41

పడే వస్తువు యొక్క చలనము లాంటిదే. కావున నిర్ధిష్ట పొడవు గల లఘులోలకము యొక్క గుండుకు బదులుగా ఏనుగైనను లేదా చీమైనను ఉండి డోలనము చేస్తే ఆవర్తన కాలము మారదు. రెండునూ ఒకే ఆవర్తన కాలము పొందియుండును.

(ii) డోలనముల కంపన పరిమితి

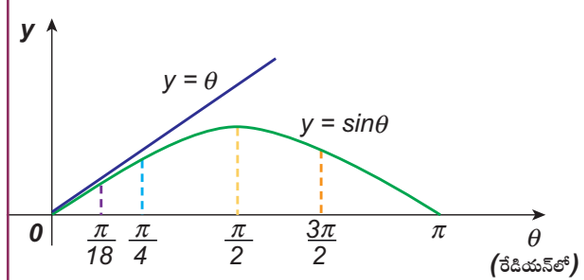
తక్కువ కోణముతో లఘు లోలకము డోలనము చేస్తే (కోణీయ స్థానభ్రంశము మిక్కిలి చిన్నది) ఆవర్తన కాలము కంపన పరిమితిపై ఆధారపడదు.

ఉదాహరణ 10.13

లఘు లోలక ప్రయోగములో దాదాపు తక్కువ కోణములను ఉపయోగించాలి. ఈ తక్కువ కోణములను గూర్చి క్రింద వివాదించబడియున్నది.

θ (డిగ్రీలలో)	θ (రేడియన్‌లలో)	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

ఇచ్చట θ అనునది రేడియన్‌లలో ఉన్నప్పుడు తక్కువ కోణములకు $\sin\theta \approx \theta$



అనగా θ విలువ 10 డిగ్రీ మరియు అంత కంటే తక్కువగా ఉన్నప్పుడు, θ ను రేడియన్‌లలో గుర్తిస్తే $\sin\theta$ విలువ θ కు సమానము. θ అధికమైనపుడు $\sin\theta$ విలువ θ నుండి క్రమ క్రమంగా వేరుపడును.

ఉష్ణోగ్రత వలన లఘు లోలక పొడవులో ఏర్పడే ఫలితము:

ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు కారణంగా వ్రేలాడ దీయబడియున్న తీగ ప్రభావితం అయినదనుకొందాం. ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదలకు తీగ పొడవులో ఏర్పడే ప్రభావితము

$$l = l_o(1 + \alpha\,\Delta t)$$

అని మార్పు చెందినది. ఇచ్చట l_o అనునది తీగ యొక్క తొలి పొడవు మరియు l అనునది ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదల వలన తీగ యొక్క తుది పొడవు. Δt అనునది ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పు మరియు α అనునది రేఖీయ వ్యాకోచ గుణకము.

కాబట్టి, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l_0(1+\alpha\Delta t)}{g}}$:

$$= 2\pi\sqrt{\frac{l_0}{g}}\sqrt{(1+\alpha\Delta t)}$$

$$T = T_0\,(1+\alpha\,\Delta t)^{\frac{1}{2}} \approx T_0\,(1+\frac{1}{2}\,\alpha\,\Delta t)$$

$$\Rightarrow \quad \frac{T}{T_0} - 1 = \frac{T - T_0}{T_0} = \frac{\Delta T}{T_0} = \frac{1}{2}\alpha\,\Delta t$$

ఇచ్చట ΔT అనునది ఉష్ణోగ్రత మార్పు వలన ఆవర్తన కాలములో ఏర్పడిన మార్పు మరియు T_0 అనునది లఘు లోలకము యొక్క తొలి పొడవు l_0 గా వున్నప్పుడు ఆవర్తన కాలము.

ఉదాహరణ 10.14

ఒక లఘు లోలక పొడవు దాని తొలి పొడవు నుండి 44% అధికరించినపుడు లఘు లోలకము యొక్క ఆవర్తన కాలము అధికరించే శాతమును కనుగొనుమము.

సాధన

$T \propto \sqrt{l}$ కావున

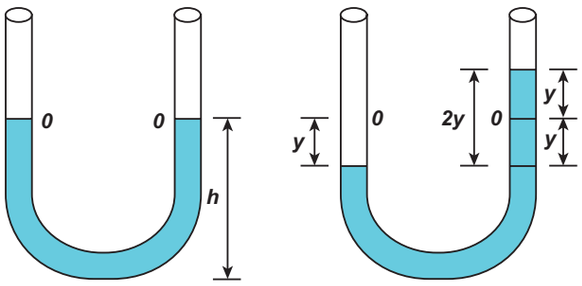
$T = $ స్థిరాంకము $\sqrt{l}$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 212 28-02-2023 13:23:42

$$\frac{T_f}{T_i}=\sqrt{\frac{l+\frac{44}{100}l}{l}}=\sqrt{1.44}=1.2$$

కావున, $T_f = 1.2\ T_i = T_i + 20\%\ T_i$

U-ఆకారపు గొట్టము నందలి ద్రవ స్తంబపు డోలనములు:



పటము 10.22 U-ఆకారపు గాజు గొట్టము

A అనే ఏకరీతి అడ్డుకోత వైశాల్యము మరియు తెరచిన భుజములు గల U ఆకారపు గాజు గొట్టమును తీసుకొందాం. పటము 10.22 లో చూపినట్లు స్నిగ్ధత లేని అదుముటకు వీలుకాని ρ సాంద్రత గల ద్రవము U-ఆకారపు గొట్టము నందు గల భుజములలో h ఎత్తు నింపబడియున్నదని అనుకుందాం. గొట్టము, ద్రవము కదలని స్థితిలో నున్నప్పుడు ద్రవస్తంబ మట్టము సమతాస్థితి బిందువు 'O' లో నుండును. ద్రవముపై ఏ ఒక బిందువు వద్దనైన పీడనము సమానంగా ఉండును మరియు భుజముల పై భాగములోను పీడనము సమానంగా ఉండును. గొట్టము ఇరువైపులలో భుజముల అంచుల వద్ద ఈ పీడనము వాతావరణ పీడనమునకు సమానము. అందువలన గొట్టము యొక్క భుజములలో ద్రవ మట్టము సమానంగా ఉండును.

ఏదైనా భుజములో మనము గాలిని ఊదుట ద్వారా కావలసిన బలమును కలిగిస్తే, సమతాస్థితి బిందువు '0' నుండి ద్రవ మట్టము మారును. అనగా ఒక భుజములో ఊదబడిన గాలి పీడనము మరొక భుజము కంటే ఎక్కువ. ఈ పీడన మార్పు ద్రవము మాధ్యమిక లేదా సమతాస్థితి ఆధారంగా కొంత కాలమునకు డోలనాలను ఏర్పరచును. చివరగా నిశ్చలస్థితికి వచ్చును. దీని ఆవర్తన కాలము.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}\ \text{సెకండు} \qquad (10.62)$$

ఇచ్చట l అనునది U ఆకారపు గొట్టములో గల ద్రవ స్తంబపు మొత్తం పొడవు.

10.5 సరళ హరాత్మక చలనము యొక్క శక్తి

అ. స్థితిజ శక్తికైన సమీకరణము:

సరళ హరాత్మక చలనములో బలముకు స్థానభ్రంశమునకు మధ్య గల సంబంధము హూక్ నియమము ప్రకారము

$$\vec{F} = -k\vec{r}$$

సాధారణంగా బలము అనునది సదిశరాశి. కాబట్టి త్రిమితిలో ఇది మూడు అంశములు కలిగియుండును మరియు పై సమీకరణములో బలము అనునది శక్తి నిత్యత్వ బలము అగును. ఈ బలమును ఒక అంశము గల అదిశ ప్రమేయము నుండి పొందవచ్చును. ఏకమితి చలనములో

$$F = -k\,x \qquad (10.63)$$

మొదటి భాగము నాల్గవ యూనిట్‌లో వివాదించినట్లు శక్తి నిత్యత్వ బల క్షేత్రము వలన చేయబడిన పని మార్గముపై ఆధారపడదు. క్రింది సమీకరణము నుండి స్థితిజ శక్తిని U లెక్కించవచ్చును.

$$F = -\frac{dU}{dx} \qquad (10.64)$$

(10.63) మరియు (10.64) లను పోల్చగా మనము పొందునది

$$-\frac{dU}{dx} = -kx$$
$$dU = k\,x\,dx$$





డమ్మీ చరరాశి

సమాకలన చరరాశి x' (x' ని "x ప్రైమ్" అని చదవవలెను.) అనునది డమ్మీ చరరాశి అగును.

$$\int_0^y t\,dt = \int_0^y x\,dx = \int_0^y p\,dp = \frac{y^2}{2}$$

సమాకలన చరరాశులు t, x మరియు p అనునవి డమ్మీ చరరాశులు ఎందుకంటే సమాకలనము చేసినపుడు కాని t, x మరియు p అనే చరరాశులను ఉపయోగించి సమాకలనము చేసినపుడు కాని ఒకే సమాధానము లభించును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 213 28-02-2023 13:23:44

dx అనే తక్కువ స్థానభ్రంశము పొందుటకు F అనే బలము వలన చేయబడిన పని స్థితిజ శక్తిగా సేకరించబడును.

$$U(x)=\int_0^x k\,x'\,dx'=\frac{1}{2}k\left(x'\right)^2\Big|_0^x=\frac{1}{2}kx^2 \quad (10.65)$$

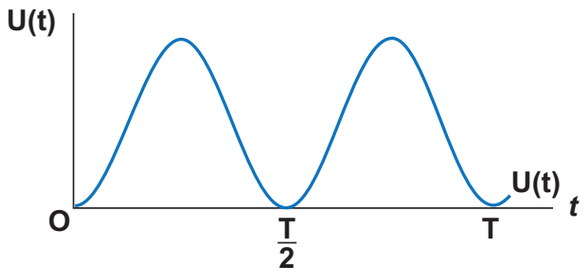
సమీకరణము (10.22) నుండి బల స్థిరాంకము విలువ $k=m\omega^2$ ను సమీకరణము (10.65) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$U(x)=\frac{1}{2}m\omega^2x^2 \quad (10.66)$$

ఇచ్చట ω అనునది డోలన వ్యవస్థ యొక్క సహజ పౌనఃపున్యము. సమీకరణము (10.6) నుండి సరళ హరాత్మక చలనములోనున్న కణమునకు

$$x = A\sin\omega t$$

$$U(t)=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t \quad (10.67)$$



పటము 10.23 కాలము t ఆధారంగా స్థితిజ శక్తి మార్పు

మీ ఆలోచనకు

"స్థితిజ శక్తి కనిష్టంగా నున్నప్పుడు ద్వితీయ అవకలనము ధనాత్మక విలువగా నుండును. ఎందుకు?"

ఆ. గతిజశక్తికైన సమీకరణము

గతిజశక్తి

$$KE=\frac{1}{2}mv_x^2=\frac{1}{2}m\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \quad (10.68)$$

కణము సరళ హరాత్మక చలనములోనున్నందు వలన సమీకరణము (10.6) నుండి

$$x = A\sin\omega t$$

కాబట్టి దిశావేగము

$$v_x=\frac{dx}{dt}=A\omega\cos\omega t \quad (10.69)$$

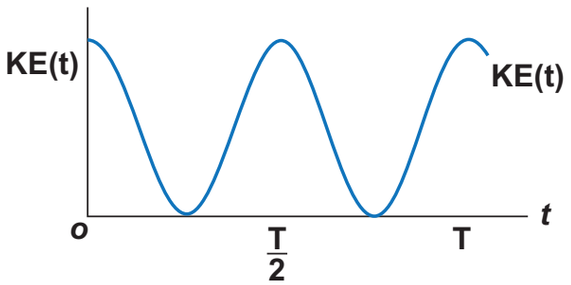
$$=A\omega\sqrt{1-\left(\frac{x}{A}\right)^2}$$

$$v_x=\omega\sqrt{A^2-x^2} \quad (10.70)$$

కావున,

$$KE=\frac{1}{2}mv_x^2=\frac{1}{2}m\omega^2\left(A^2-x^2\right) \quad (10.71)$$

$$KE=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2\omega t \quad (10.72)$$



పటము 10.24 కాలము t ఆధారంగా గతిజ శక్తి మార్పు

ఇ. మొత్తం శక్తికైన సమీకరణము

గతిజ శక్తి మరియు స్థితిజ శక్తులను కూడితే మొత్త శక్తి వచ్చును.

$$E = KE + U \quad (10.73)$$

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2(A^2-x^2)+\frac{1}{2}m\omega^2x^2$$

కాబట్టి x^2 పదమును వదలివేసిన

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2=\text{స్థిరాంకము} \quad (10.74)$$

మరొక విధంగా సమీకరణము (10.67) మరియు సమీకరణము (10.72) ల నుండి మొత్తం శక్తి

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t+\frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2\omega t$$

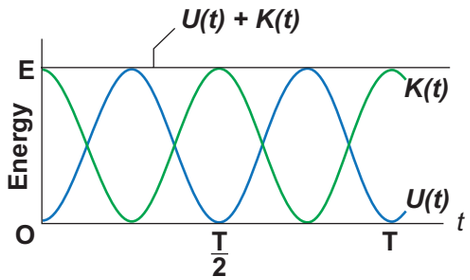
$$=\frac{1}{2}m\omega^2A^2(\sin^2\omega t+\cos^2\omega t)$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 214 28-02-2023 13:23:48

త్రికోణమితి సర్వ సమీకరణము నుండి
$\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1$ కాబట్టి

$$E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 = \text{స్థిరాంకము}$$

ఇది శక్తి నిత్యత్వ నియమం యొక్క మొత్తం శక్తిని ఇచ్చును. ఇది పటము 10.26 లో చూపబడినది.



పటము 10.25 కాలము ఆధారంగా స్థితిజ శక్తి మరియు గతిజ శక్తి మార్పు చెందును కాని మొత్తము శక్తి స్థిరముగా ఉండును.

మొత్తము శక్తి ద్వారా పొందిన సరళ హరాత్మక డోలకము యొక్క కంపన పరిమితి

$$A = \sqrt{\frac{2E}{m\omega^2}} = \sqrt{\frac{2E}{k}} \qquad (10.75)$$

ఉదాహరణ 10.15

ఏకమితి చలనముకైన గతిజ శక్తి మరియు మొత్తము శక్తి సమీకరణములను రేఖీయ ద్రవ్యవేగము ద్వారా వ్రాయుము.

సాధన

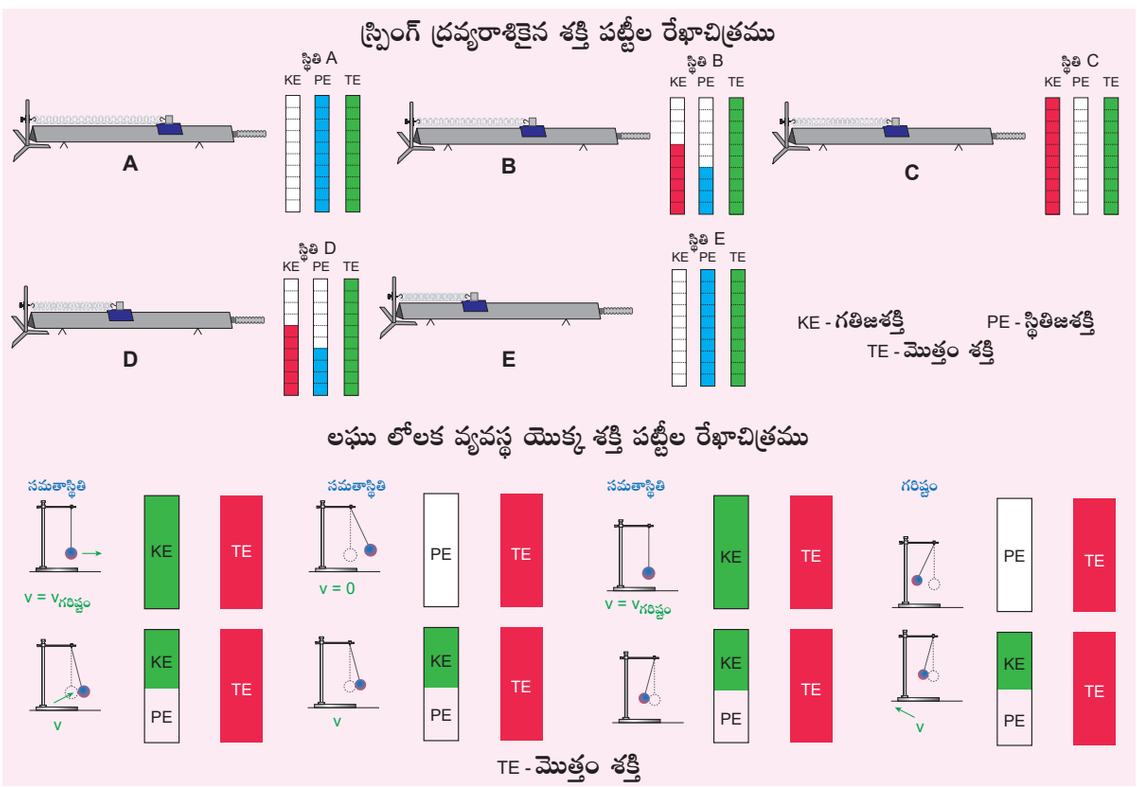
గతిజ శక్తి $KE = \frac{1}{2} m v_x^2$

లవము మరియు హారమును m చే గుణించగా

$$KE = \frac{1}{2m} m^2 v_x^2 = \frac{1}{2m} (\mathrm{m}\, v_x)^2 = \frac{1}{2m} p_x^2$$

ఇచ్చట p_x అనునది సరళ హరాత్మక చలనములో నున్న కణము యొక్క రేఖీయ ద్రవ్యవేగము
మొత్తము శక్తి అనునది గతిజశక్తి మరియు స్థితిజ శక్తుల మొత్తము అగును. కావున సమీకరణము (10.73) మరియు సమీకరణము (10.75) ల నుండి మనము పొందునది.

$$E = KE + U(x) = \frac{1}{2m} p_x^2 + \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 = \text{స్థిరాంకము}$$



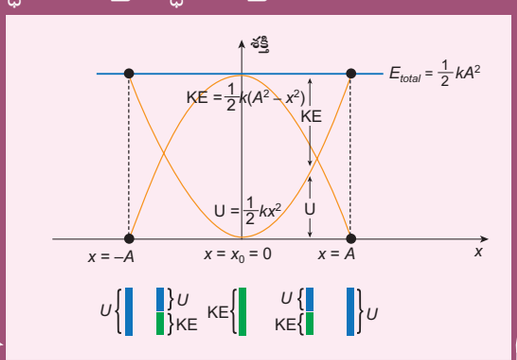
పటము 10.26 శక్తి నిత్యత్వ నియమము – స్ప్రింగ్ ద్రవ్యరాశి మరియు లఘు లోలక వ్యవస్థలు

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 215 28-02-2023 13:23:50

గమనిక

శక్తి నిత్యత్వ నియమము: గతిజ శక్తి మరియు స్థితిజ శక్తిలో ఆవర్తన ప్రమేయాలు మరియు వాటి విలువలు ఆవర్తన కాలము $\frac{T}{2}$ తరువాత మరలా జరుగును. కాని x లేక t ల అన్ని విలువలకు మొత్తము శక్తి స్థిరాంకము. సరళ హరాత్మక చలనములో గతిజశక్తి, స్థితిజ శక్తులు ఎల్లప్పుడు ధనాత్మకంగా నుండును. గతిజ శక్తిని ఋణాత్మక విలువగా తీసుకొనగూడదు. ఎందుకనగా ఇది దిశావేగము యొక్క వర్గమునకు అనులోమాను పాతంలో ఉండునని గమనించవలెను.

ఒక భౌతికరాశి యొక్క కొలత వాస్తవ సంఖ్యగానే ఉండవలెను. గతిజశక్తి ఋణాత్మకమైతే దిశావేగము యొక్క పరిమాణ విలువ ఊహాత్మక సంఖ్య అగును. ఇది వాడుకలో ఆమోదించదగినదికాదు. సమతాస్థితిలో పూర్తిగా గతిజశక్తిగాను, గరిష్ఠ స్థితిలో పూర్తిగా స్థితిజ శక్తిగాను ఉండును.



ఉదాహరణ 10.16

డోలనము చేసే కణము యొక్క స్థితిజ శక్తి మరియు గతిజ శక్తి రెండూ సమానంగా ఉండే స్థానమును లెక్కించుము.

సాధన

డోలనము చేసే కణము యొక్క స్థితిజశక్తి మరియు గతిజశక్తి సమానమైతే

$$\frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}m\omega^2x^2$$

$$A^2 - x^2 = x^2$$

$$2x^2 = A^2$$

$$\Rightarrow x = \pm\frac{A}{\sqrt{2}}$$

10.6 డోలన రకములు: (TYPES OF OSCILLATIONS)

10.6.1 స్వేచ్ఛా డోలనములు (Free oscillations)

డోలకమును దాని సమతాస్థితి నుండి కొంత దూరముకు లాగి వదిలినపుడు అది డోలనము చేయును. దాని డోలన పౌనఃపున్యము సహజ పౌనఃపున్యముకు సమానంగా ఉండును. ఈ రకమైన డోలనాలు లేదా కంపనాలను స్వేచ్ఛా డోలనములు లేదా స్వేచ్ఛా కంపనములు అందురు. ఈ సందర్భములో కంపన పౌనఃపున్యము మరియు కంపన వస్తువు యొక్క శక్తి స్థిరముగా నుండును.

ఉదాహరణలు:

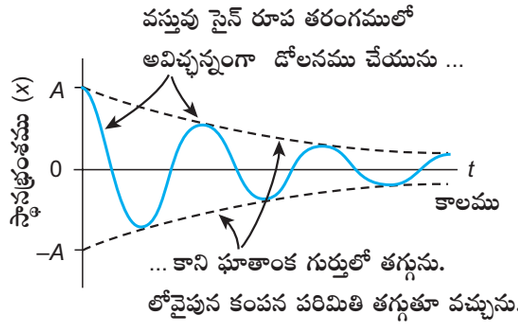
(i) శ్రుతి దండము ఏర్పరిచే కంపనములు
(ii) లాగి కట్టబడిన తీగలోని కంపనములు
(iii) లఘు లోలకము యొక్క డోలనములు
(iv) స్ప్రింగ్ ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థలోని డోలనములు

10.6.2 అవరుద్ధ లేదా నశింపబడు డోలనములు (Damped oscillations)

లఘు లోలకము డోలనము చేయునపుడు తరంగముల కంపన పరిమితి స్థిరాంకముగాను, డోలకము యొక్క మొత్తం శక్తి స్థిరాంకముగాను ఉన్నట్లు ముందు భాగంలో తీసుకున్నాం. కాని నిజానికి యానకంలోని ఘర్షణ మరియు గాలి కర్షణ (air drag) వలన కాలము అధికరించినపుడు కంపన పరిమితి తగ్గును. ఈ డోలనముల తరంగములు స్థిరమైనవిగా ఉండవు మరియు సరళ హరాత్మక డోలకము యొక్క శక్తి క్రమ క్రమంగా తగ్గుట శక్తి నష్టాన్ని సూచించును. ఈ శక్తి నష్టము డోలకము చుట్టూ వున్న యానకమును శోషించుట వలన ఏర్పడును. ఈ రకమైన తరంగ చలనాన్ని అవరుద్ధ లేదా నశింపబడు డోలనములు అందురు. తరంగము యొక్క కంపన పరిమితి తగ్గి

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 216 28-02-2023 13:23:51

డోలకము యొక్క శక్తి యానక నిరోధముకు వ్యతిరేకంగా చేయబడిన పనిగా మారును అని కూడా చెప్పవచ్చును. ఈ రకమైన చలనమును అవరుద్ధ లేక నశింపబడు డోలనములు అందురు. ఈ డోలన సందర్భంలో ఘర్షణ బలము (అవరుద్ధ బలము) డోలకము యొక్క దిశావేగముకు అనులోమాను పాతములో నుండును.



పటము 10.27 అవరుద్ధ లేదా నశింపబడు హరాత్మక డోలకము కాలము అధికరించినపుడు కంపన పరిమితి తగ్గును.

ఉదాహరణలు

(i) లఘు లోలకము యొక్క డోలనములు (గాలి నిరోధముతో) లేక నూనె నింపబడిన పాత్రలో లఘు లోలక డోలనములు

(ii) తొట్టి వలయములో (Tank circuit) ఏర్పడే విద్యుదయస్కాంత డోలనములు

(iii) గాల్వనో మీటరులో ఏర్పడే నశింపబడు డోలనములు

10.6.3 స్థిరత్వ డోలన పరిమితి గల డోలనములు (Maintained oscillations)

ఊయలలో ఆడుతున్నప్పుడు కొన్ని డోలనాల తరువాత డోలనము ఆగిపోవును. దీనికి కారణము అవరుద్ధ బలము అగును. అలా ఆగకుండా ఉండుటకు బాహ్య బలమును కలిగించి డోలనములను స్థిరంగా నుండునట్లు చేయబడును. బాహ్య జనకము నుండి శక్తిని డోలకముకు కలిగిస్తే, డోలనముల కంపన పరిమితి స్థిరంగా నుండును. ఈ రకమైన కంపనాలను స్థిరత్వ డోలన పరిమితి గల కంపనములు అందురు.

ఉదాహరణ:

కంపించే శ్రుతి దండము యొక్క శక్తిని విద్యుత్ ఘటము లేదా విద్యుత్ జనకము నుండి పొందునట్లు చేయడం.

10.6.4 బలాత్కృత డోలనములు (Forced oscillations)

ఏ ఒక డోలకము, తను కోల్పోయిన శక్తిని బాహ్య ఆవర్తన వ్యవస్థ వలన పొంది, అవిచ్ఛిన్నంగా డోలనము చేయునో ఆ డోలకమును బలాత్కృత డోలకము (లేదా నడపబడిన డోలకము) అందురు.

ఈ రకమైన కంపనాలలో వస్తువు ప్రారంభంలో సహజ పౌనఃపున్యములో కంపించును. తరువాత బాహ్య ఆవర్తన బలము వలన బాహ్య హరాత్మక బలము యొక్క పౌనఃపున్యముతో కంపించును. ఈ రకమైన కంపనాలను బలాత్కృత కంపనములు అందురు.

ఉదాహరణ:

తీగ వాయిద్య పరికరాలు పొందిన కంపనాలు.

10.6.5 అనునాదము (Resonance)

బలాత్కృత కంపనము యొక్క ప్రత్యేక సంఘటన అనునాదము అగును. ఇచ్చట బాహ్య ఆవర్తన బలము యొక్క పౌనఃపున్యము, కంపించే వస్తువు యొక్క సహజ పౌనఃపున్యము సమానంగా ఉండును. దీని ఫలితము వలన కంపించే వస్తువు యొక్క కంపన పరిమితి అధికరించుటకు ప్రారంభమై గరిష్ట కంపన పరిమితి గల స్థితిని పొందును. ఈ సంఘటనను అనునాదము అనియు మరియు వీటి కంపనాలను అనునాద కంపనములు అందురు.

ఉదాహరణ:

ధ్వని వలన గాజు పగలడం

గమనిక

రేడియో (లేదా దూరదర్శిని) వలయమును రేడియో స్టేషన్‌లో ట్యూన్ (Tune) చేయుటలో అనునాద తత్వము ఉపయోగపడును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 217 28-02-2023 13:23:51

మీకు తెలుసా?

వంతెన (bridge) పై అనునాద కంపనములను ఏర్పడుటను తొలగించుటకు, వంతెనపై సైనికులు కవాతు (march) చేయుటకు అనుమతించరు.

సైనికులు వంతెనను దాటునపుడు వారు వంతెనపై నడిచేటపుడు ఏర్పడు పౌనఃపున్యము వంతెన యొక్క సహజ పౌనఃపున్యముకు సమానమైతే, ఆ వంతెన అనునాద కంపనములను పొందును. కంపన పరిమితి విలువ చాలా ఎక్కువ కాబట్టి వంతెను కూలి పోవుటకు అవకాశము గలదు.



గమనిక:

లిఫ్టలో లఘు లోలకము

(i) $'a'$ త్వరణముతో పై వైపుకు చలించే లిఫ్ట గురుత్వాకర్షణ త్వరణము వలన ఏర్పడే ఫలిత త్వరణము

$g_{eff} = g + a$

కావున, ఆవర్తన కాలము $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(g+a)}}$

కాబట్టి ఆవర్తన కాలము గురుత్వాకర్షణ త్వరణముకు విలోమాను పాతములో నుండును. కావున లిఫ్ట పైకి పోతున్నప్పుడు ఆవర్తన కాలము తగ్గును.

(ii) $'a'$ త్వరణముతో క్రింది వైపుకు చలించే లిఫ్ట యొక్క ఫలిత త్వరణము

$g_{eff} = g - a$

కావున, ఆవర్తన కాలము $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(g-a)}}$

ఆవర్తన కాలము గురుత్వ త్వరణముతో విలోమాను పాతంలో ఉన్నందు వలన లిఫ్ట క్రింది వైపుకు పోతున్నప్పుడు ఆవర్తన కాలము అధికరించును.

(iii) లిఫ్ట $a > g$ అను త్వరణముతో పడునపుడు: ఫలిత త్వరణము $g_{eff} = a - g$

కావున, ఆవర్తన కాలము $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(a-g)}}$

ఈ సంఘటనలో లోలకము తలక్రిందులుగా తిరిగి దాని యొక్క గరిష్ట ఎత్తు బిందువు ఆధారంగా డోలనము చేయును.

(iv) లిఫ్ట $a = g$ అను త్వరణముతో క్రింది వైపు పడునపుడు ఫలిత త్వరణము $g_{eff} = g - g = 0$

కావున, ఆవర్తన కాలము $T \to \infty$ అనునపుడు లోలకము డోలనము చేయదు. మరియు దాని చలనము ఆగి పోవును.

(v) లఘు లోలకము క్షితిజ సమాంతర తలములో $'a'$ త్వరణముతో పయనిస్తున్న కారు లోపల ఉంచబడినది.

అయితే ఫలిత త్వరణము $g_{eff} = \sqrt{g^2 + a^2}$

కావున ఆవర్తన కాలము $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2 + a^2}}}$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 218 28-02-2023 13:23:53

పాఠ్య సారాంశము

- ఒక వస్తువు లేదా కణము నిర్ణీత కాల వ్యవధిలో ఒక బిందువు ఆధారంగా ముందుకు వెనుకకు మరల మరల చలిస్తే ఆ చలనమును డోలన చలనము లేదా కంపన చలనము అందురు.
- సరళ హరాత్మక చలనములో ఒక వస్తువుపై కలిగే బలము లేదా త్వరణము అనునది స్థిరత్వ బిందువు నుండి అది పొందిన స్థానభ్రంశమునకు అనులోమానుపాతములోను, ఇది ఎల్లప్పుడు స్థిర బిందువు దిశలోనే ఉండును.

  $$\text{బలము } F_x = -k\,x$$

  ఇచ్చట k అనునది బల స్థిరాంకము. దాని విలువ ఏకాంక పొడవులో స్ప్రింగ్ పొందే బలముకు సమానము.
- సరళ హరాత్మక చలనములో కణము యొక్క స్థానభ్రంశము $y = A \sin \omega t$.
- సరళ హరాత్మక చలనములో కణము యొక్క దిశావేగము $v = \mathrm{A}\ \omega \cos \omega t = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$.
- సరళ హరాత్మక చలనములో కణము యొక్క త్వరణము $a = \frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 y$.
- ఒక కణము ఒక డోలనమును పూర్తిగా చేయుటకు పట్టు కాలమును ఆవర్తన కాలము అందురు. దీనిని T తో గుర్తిస్తారు. ఆవర్తన కాలము $T = \frac{2\pi}{\omega}$.
- ఒక కణముచే ఒక సెకను కాలములో ఏర్పరిచే డోలనముల సంఖ్యను పౌనఃపున్యము అందురు. ఇది $'f'$ తో గుర్తించబడును. దీని ప్రమాణము S^{-1} లేదా హెర్ట్జ్ అగును. గణితపరంగా పౌనఃపున్యము ఆవర్తన కాలములకు మధ్యగల సంబంధాన్ని $f = \frac{1}{T}$ తో సూచిస్తారు.
- కోణీయ హరాత్మక చలనములో పౌనఃపున్యము $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\kappa}{I}}$ Hz
- n స్ప్రింగ్‌లు శ్రేణి సంధానంలో నున్నప్పుడు ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం

  $$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \ldots + \frac{1}{k_n} = \sum_{i=0}^{n} \frac{1}{k_i}$$
- n స్ప్రింగ్‌లు సమాంతర సంధానంలో నున్నపుడు ఫలిత స్ప్రింగ్ స్థిరాంకం

  $$k_p = \sum_{i=1}^{n} k_i$$
- U- ఆకారపు గొట్టములో గల ద్రవము డోలనము చేసినపుడు దాని ఆవర్తన కాలము $T = 2\neq\sqrt{\frac{l}{2g}}$ సెకండు.
- శక్తి నిత్యత్వ వ్యవస్థ నందు ఏకమితిలో బలక్షేత్రము, అదిశ స్థితిజ శక్తి U మూలంగా పొందవచ్చును. అనగా: $F = -\frac{dU}{dx}$.
- సరళ హరాత్మక చలనములో వున్న కణము యొక్క స్థితిజ శక్తి $U(x) = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$.
- సరళ హరాత్మక చలనములో వున్న కణము యొక్క గతిజశక్తి $KE = \frac{1}{2} m v_x^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 (\mathrm{A}^2 - x^2)$.
- సరళ హరాత్మక చలనములో కణము యొక్క మొత్తం శక్తి $E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 =$ స్థిరాంకము.
- డోలనముల రకములు – స్వేచ్ఛా డోలనములు, అవరుద్ధ డోలనములు, స్థిరత్వ డోలన పరిమితి గల డోలనములు మరియు బలాత్కృత డోలనములు.
- అనునాదము అనునది బలాత్కృత డోలనములలో ఒక ప్రత్యేక రకము అగును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 219 28-02-2023 13:23:55

భావన చిత్ర పటము

డోలనములు

సరళ హరాత్మక చలనం (SHM)

$F=-kx \quad x=+A\sin\omega t$

$\frac{d^2x}{dt^2}+\omega^2 x=0$

$a=-\omega^2 A\sin\omega t$

$a=-\omega^2 y$

$V=A\omega\cos\omega t$

$v=\omega\sqrt{A^2-y^2}$

$F=-\frac{dU}{dx}$ — $U=\frac{1}{2}kx^2$

$TE=\frac{1}{2}kA^2$ — $KE=\frac{1}{2}mv^2$

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

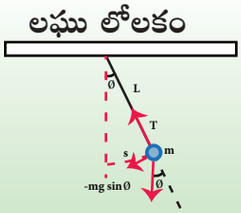
కోణీయ SHM

$\omega=\sqrt{\frac{\kappa}{I}}$

రేఖీయ SHM

$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$

లఘు లోలకం



అవకలన సమీకరణం

$\frac{d^2\theta}{dt^2}=-\frac{g}{l}\theta$

ఆవర్తన కాలము:

$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

U-ఆకారపు గొట్టం



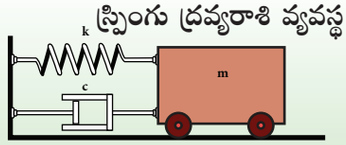
అవకలన సమీకరణం

$\frac{d^2y}{dt^2}=-\frac{2g}{l}y$

ఆవర్తన కాలము:

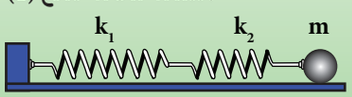
$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$

స్ప్రింగు ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థ



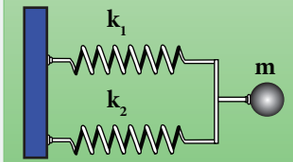
స్ప్రింగుల సంధానము

(1) శ్రేణి సందానము:



$k_s=\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}$

(2) సమాంతర సందానము:



$k_p=k_1+k_2$

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 220 28-02-2023 13:23:55

I. బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు:

1. సరళ హరాత్మక చలనములో ఒక పూర్తి డోలనముకైన స్థానభ్రంశముకు వ్యతిరేకంగా ఉండే త్వరణము ఏర్పరచునది

(model NSEP 2000-01)

అ) దీర్ఘ వృత్తము ఆ) వృత్తము

ఇ) పరావలయము ఈ) సరళ రేఖ

2. సరళ హరాత్మక చలనములో గల కణము A మరియు B అనే రెండు బిందువులను ఒకే దిశావేగముతో దాటినది. A నుండి B కు పోవుటకు పట్టే కాలము 3 s మరియు B నుండి A కు మరల వెళ్ళుటకు 3 s అయితే, దాని ఆవర్తన కాలము

అ) 15 s ఆ) 6 s

ఇ) 12 s ఈ) 9 s

3. భూ ఉపరితలముపై ఉన్న సెకండు లఘు లోలకము యొక్క పొడవు 0.9 m. భూమి కంటే n రెట్లు త్వరణము గల X అనే గ్రహము యొక్క ఉపరితలముపై అదే లఘు లోలకము యొక్క పొడవు

అ) $0.9n$ ఆ) $\frac{0.9}{n}m$

ఇ) $0.9n^2m$ ఈ) $\frac{0.9}{n^2}$

4. 'a' త్వరణముతో క్షితిజ సమాంతర తలములో పయనించే స్కూల్ బస్సు యొక్క ఉపరితలములో కట్టి వ్రేలాడదీయబడియున్న లఘు లోలకము యొక్క ఆవర్తన కాలము

అ) $T \propto \frac{1}{g^2 + a^2}$ ఆ) $T \propto \frac{1}{\sqrt{g^2 + a^2}}$

ఇ) $T \propto \sqrt{g^2 + a^2}$ ఈ) $T \propto (g^2 + a^2)$

5. 1:2 అనే నిష్పత్తిలో ద్రవ్యరాశి గల A మరియు B అను రెండు వస్తువులు వరుసగా k_A మరియు k_B స్ప్రింగ్ బల స్థిరాంకము గల ద్రవ్యరాశి లేని రెండు స్ప్రింగ్‌ల గుండా విడి విడిగా వ్రేలాడదీయబడియున్నది. రెండు వస్తువులు లంబముగా డోలనము చేయునపుడు వాటి గరిష్ఠ దిశావేగము 1:2 అనే నిష్పత్తిలో నున్నప్పుడు A యొక్క కంపన పరిమితి B యొక్క కంపన పరిమితి లాగా _____ రెట్లు అగును.

అ) $\sqrt{\frac{k_B}{2k_A}}$ ఆ) $\sqrt{\frac{k_B}{8k_A}}$

ఇ) $\sqrt{\frac{2k_B}{k_A}}$ ఈ) $\sqrt{\frac{8k_B}{k_A}}$

6. 'm' ద్రవ్యరాశితో కలుపబడియున్న స్ప్రింగ్ లంబముగా డోలనము చేయునపుడు దాని డోలన కాలము T అగును. అదే స్ప్రింగ్ రెండు సమాన భాగములుగా విడగొట్టబడి వాటిలో ఒకదానితో అదే 'm' ద్రవ్యరాశి వ్రేలాడదీయబడినది. ఇపుడు దాని లంబ డోలనము యొక్క ఆవర్తన కాలము

అ) $T' = \sqrt{2}\,T$ ఆ) $T' = \frac{T}{\sqrt{2}}$

ఇ) $T' = \sqrt{2T}$ ఈ) $T' = \sqrt{\frac{T}{2}}$

7. ఒక సరళ హరాత్మక చలనము యొక్క స్థానభ్రంశము $y(t) = A\ sin\ (\omega t + \phi)$ ఇక్కడ A అనునది కంపన పరిమితి ω అనునది కోణీయ పౌన:పున్యము మరియు డోలనావర్తన కాలము 24 సె అనుకొనుము. ప్రారంభ సమయము (t = 0 s) లో స్థానభ్రంశము 4 సెం.మీ అయిన, (t = 6 s) సెకండ్ల వద్ద స్థానభ్రంశము

GPNZ2

అ) 8 సెం.మీ

ఆ) 4 సెం.మీ

ఇ) $4\sqrt{3}$ సెం.మీ

ఈ) $8\sqrt{3}$ సెం.మీ

8. ఒక లఘు లోలక ఆవర్తన కాలము T_1 ఇది వ్రేలాడదీయబడియున్న $y = k\ t^2$ అనే సమీకరణము ప్రకారము లంబముగా పైవైపు చలిస్తున్నది. $y = k\ t^2$ ఇచ్చట y అనునది పయనించిన లంబదూరము $k = 1\ ms^{-2}$ దీని

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 221 28-02-2023 13:24:00

ఆవర్తన కాలము T_2 అయితే $\frac{T_1^2}{T_2^2}$ విలువ ($g = 10\ m\ s^{-2}$)(IIT 2005)

అ) $\frac{5}{6}$ ఆ) $\frac{11}{10}$

ఇ) $\frac{6}{5}$ ఈ) $\frac{5}{4}$

9. k స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము గల ఆదర్శ స్ప్రింగ్‌ను ఒక గది పై కప్పులో బిగించి, దాని క్రింది కొనలో M ద్రవ్యరాశి గల వస్తువును ఉంచి వ్రేలాడదీయబడియున్నది. స్ప్రింగ్ సాగదీయబడని స్థితిలో వస్తువును తొలగిస్తే స్ప్రింగ్ యొక్క గరిష్ఠ పొడిగింపు (Extension) (IIT 2002)

అ) $4\frac{Mg}{k}$ ఆ) $\frac{Mg}{k}$

ఇ) $2\frac{Mg}{k}$ ఈ) $\frac{Mg}{2k}$

10. ఒక లఘు లోలకము అధిక ఎత్తు గల భవనములో వ్రేలాడ దీయబడినపుడు, సరళ హరాత్మక చలనము లాగనే స్వేచ్ఛగా ముందుకు వెనుకకు చలనాన్ని ఏర్పరుస్తున్నది. సమతాస్థితి బిందువు నుండి 4 m దూరములో లఘు లోలక త్వరణము 16 ms^{-2} అయితే దాని ఆవర్తన కాలము (NEET 2018 model)

అ) 2 s ఆ) 1 s

ఇ) 2πs ఈ) πs

11. ఒక బోలు గోళము నీటితో నింపి, ఒక పొడవైన తీగలో వ్రేలాడదీయబడియున్నది. గోళము క్రింది భాగములో ఉన్న ఒక చిన్న రంధ్రము వలన నీరు వెలువడిన స్థితిలో గోళము డోలనము చేయునపుడు దాని ఆవర్తన కాలము

అ) ప్రారంభములో అధికరించి మరల తగ్గును

ఆ) ప్రారంభములో తగ్గి మరల అధికరించును

ఇ) అవిచ్ఛిన్నంగా అధికరించును

ఈ) అవిచ్ఛిన్నంగా తగ్గును

12. ఒక డోలకము యొక్క అవరుద్ధ బలము, దిశావేగము అనులోమాను పాతములో ఉంటే అనుపాత స్థిరాంక ప్రమాణము

(AIPMT 2012)

అ) kg m s^{-1} ఆ) kg m s^{-2}

ఇ) kg s^{-1} ఈ) kg s

13. కోణీయ పౌన:పున్యము 1 రేడియన్ / సెకనుతో సరళ హారాత్మక చలనములో చలించు ఒక కణము యొక్క మొత్తము శక్తి 0.256J. $t=\frac{\pi}{2}$ సెకను కాలము వద్ద కణము యొక్క స్థానభ్రంశము $8\sqrt{2}$ సెం.మీ అయిన చలనము యొక్క స్థానభ్రంశము

అ) 8 సెం.మీ ఆ) 16 సెం.మీ

ఇ) 32 సెం.మీ ఈ) 64 సెం.మీ

14. సరళ హారాత్మకంగా చలించు ఒక కణము యొక్క స్థానభ్రంశము y, కాలము $t_0, 2t_0$ మరియు $3t_0$ వద్ద క్రమముగా A, B మరియు C అయిన $\left(\frac{A+C}{2B}\right)$ యొక్క విలువ

అ) $\cos \omega t_0$ ఆ) $\cos 2\omega t_0$

ఇ) $\cos 3\omega t_0$ ఈ) 1

15. క్షితిజ సమాంతర, ఘర్షణ లేని బల్ల పై వుంచబడిన ఒక స్ప్రింగు యొక్క కొనకు 3 కి.గ్రా ద్రవ్యరాశి సంధింపబడినది ఈ స్ప్రింగు 2π ఆవర్తనకాలము మరియు 2 మీ కంపనపరిమితిలో సరళ హారాత్మకంగా చలిస్తున్నట్లయితే, స్ప్రింగు పై పనిచేయు గరిష్ఠ బలము

అ) 1.5 N ఆ) 3 N

ఇ) 6 N ఈ) 12 N

జవాబులు

1) ఈ	2) ఇ	3) అ	4) ఆ
5) ఆ	6) ఆ	7) ఈ	8) ఇ
9) ఇ	10) ఈ	11) అ	12) ఇ
13) ఆ	14) అ	15) ఇ	

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 222 28-02-2023 13:24:02

II. సంక్షిప్త సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ఆవర్తన చలనము మరియు అపవర్తన చలనము అనగానేమి? ప్రతిచలనానికి రెండు ఉదాహరణములిమ్ము
2. స్ప్రింగ్ యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము అనగానేమి?
3. సరళ హరాత్మక చలనము యొక్క ఆవర్తన కాలమును నిర్వచింపుము
4. సరళ హరాత్మక చలనము యొక్కపౌనఃపున్యమును నిర్వచింపుము?
5. ఆరంభ దశ (epoch) అనగానేమి?
6. రెండు స్ప్రింగ్‌లు శ్రేణి సంధానములో కలుపబడియుండుటను క్లుప్తముగా వ్రాయుము
7. రెండు స్ప్రింగ్‌లు సమాంతర విధానములో కలుపబడియుండుటను క్లుప్తముగా వ్రాయుము
8. లఘు లోలకము యొక్క డోలనావర్తన కాలము గురించి వ్రాయుము?
9. లఘు లోలక నియమాలను తెలుపుము?
10. రేఖీయ హరాత్మక డోలనమునకు ఆవర్తన కాలము సమీకరణమును వ్రాయుము?
11. స్వేచ్ఛా డోలనములు అనగానేమి?
12. నశింపబడు అవరుద్ధ డోలనములు అనగానేమి? ఉదాహరణము తెలుపుము.
13. బలాత్కృత డోలనములను నిర్వచింపుము? ఉదాహరణములిమ్ము?
14. స్థిరత్వ డోలన పరిమితి గల డోలనము (maintained oscillation) అనగానేమి? ఉదాహరణములిమ్ము?
15. అనునాదము అనగానేమి? ఉదాహరణము లిమ్ము

III. వ్యాసరూప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. సరళ హరాత్మక చలనమును నిర్వచింపుము. ఉదాహరణములిమ్ము మరియు అన్ని సరళ హరాత్మక చలనములు ఆవర్తన చలనములు కాని దానికి విరుద్ధం వాస్తవం కాదు ఎందుకు? వివరించుము.
2. ఏకరీతి వృత్తాకార చలనము యొక్క ఛాయ (Projection) అనునది సరళ హరాత్మక చలనము అని వివరించుము?
3. కోణీయ హరాత్మక చలనము అనగానేమి? దాని ఆవర్తన కాలమును లెక్కించుము?
4. సరళ హరాత్మక చలనము మరియు కోణీయ హరాత్మక చలనమునకు మధ్యగల బేధములను వ్రాయుము
5. లఘు లోలకమును విపులముగా వివరించుము.
6. స్ప్రింగు యొక్క క్షితిజ సమాంతర డోలనాలను వివరింపుము?
7. స్ప్రింగు యొక్క నిలువు డోలనాలను వివరింపుము?
8. U-గొట్టము నందలి ద్రవస్తంభపు డోలనము గూర్చి విపులముగా వివరించుము.
9. సరళ హరాత్మక చలనములోని శక్తిని విపులముగా వివరించుము?
10. నాలుగు వేర్వేరు రకములైన డోలనములను విపులముగా వివరింపుము?

IV. సమస్యలు

1. ఒక ఏకమితీయ వ్యవస్థ యొక్క మొత్తము శక్తి $E = \frac{P^2 x}{2m} + V(x) =$ స్థిరాంకము అని యివ్వబడినది. ఇక్కడ Px అనునది రేఖీయ ద్రవ్యవేగ విడిభాగము మరియు $V(x)$ అనునది వ్యవస్థ యొక్క స్థితిజ శక్తి. శక్తి యొక్క మొత్తము కాల అవకలకము $F_x = - \frac{d}{dx} V(x)$ బలమును యిచ్చునని నిరూపించుము. స్థితిజశక్తి $V(x) = \frac{1}{2} k x^2$ ను ఎన్నుకొని హుక్‌నియమమును సరిచూడుము.

2. క్షితిజంగా $\theta = 45°$ కోణము ఏర్పరిచే వాలు తలము నందు ఉంచబడిన ట్రాలీలో $l = 0.9\ m$ పొడవు గల లఘు లోలకము బిగించిబడియున్నదని అనుకుందాం. వాలు తలము ఘర్షణ లేనిది అయితే, లఘు లోలకము యొక్క ఆవర్తన కాలమును లెక్కించుము.

   జవాబు: 0.86 s

3. 'ρ' సాంద్రత గల ద్రవముపై 'm' ద్రవ్యరాశి గల కొయ్య తేలుతూ ఉన్నది. ఆ కొయ్యను కొద్దిగా క్రింది వైపుకు అదిమి వదిలినపుడు

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 223 28-02-2023 13:24:02

సరళ హరాత్మక చలనములో వున్నది. దాని ఆవర్తన కాలము $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{Ag\rho}}$ అని నిరూపించుము.

4. ఒకే పౌనఃపున్యము, వేర్వేరు కంపన పరిమితులు గల రెండు సరళ హరాత్మక చలనములు xమరియు yఅక్షముల గుండా $x=A\sin(\omega t+\varphi)$ (x అక్షము ద్వారా) మరియు $y = B \sin \omega t$ (y అక్షము ద్వారా) అనే కంపన పరిమితితో చలనములో నున్నదని అనుకుందాం. $\frac{x^2}{A^2}+\frac{y^2}{B^2}-\frac{2xy}{AB}\cos\varphi=\sin^2\varphi$ అని నిరూపించుము.

a. $\varphi = 0$ b. $\varphi = \pi$ c. $\varphi=\frac{\pi}{2}$

d. $\varphi=\frac{\pi}{2}$ మరియు $A = B$ (e) $\varphi=\frac{\pi}{4}$

అనే ప్రత్యేక సందర్భాలలో వివాదించుము.

గమనిక : ఒక కణము ఒకదానికొకటి లంబముగా పనిచేయు రెండు సరళ హరాత్మక చలనాలకు లోబడినపుడు కణము మరొక మార్గము గుండా చలించును. ఈ మార్గములను లిసాజో పటము' అందురు.

జవాబు :

a. $y=\frac{B}{A}x$, అనే సమీకరణము ఆది బిందువు గుండా చలించే ధనాత్మక వాలు గల రేఖీయ సమీకరణము అగును.

b. $y=-\frac{B}{A}x$ అనే సమీకరణము ఆది బిందువు గుండా చలించే ఋణాత్మక వాలు గల రేఖీయ సమీకరణము అగును.

c. $\frac{x^2}{A^2}+\frac{y^2}{B^2}=1$, అనే సమీకరణము దీర్ఘ వృత్త సమీకరణము అగును. దీని కేంద్రం ఆది బిందువు వద్ద వుండును.

d. $x^2+y^2 = A^2$, అనే సమీకరణము వృత్త సమీకరణమగును. దీని కేంద్రం ఆది బిందువు వద్ద వుండును.

e. $\frac{x^2}{A^2}+\frac{y^2}{B^2}-\frac{2xy}{AB}\frac{1}{\sqrt{2}}=\frac{1}{2}$, అనునది దీర్ఘ వృత్త సమీకరణమగును. (వాలుగా ఉన్న దీర్ఘ వృత్తము)

5. సరళ హరాత్మక చలనములోనున్న కణము యొక్క

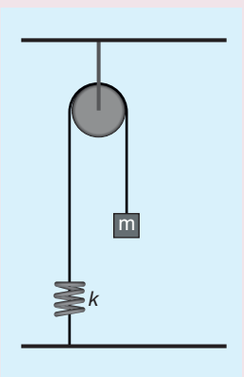
a. గతిజ శక్తి సరాసరి విలువ అనునది స్థితిజ శక్తి సరాసరి విలువకు సమానము అని నిరూపించుము.

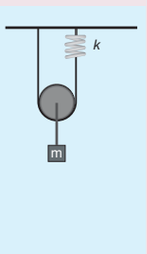
b. సరాసరి స్థితిజ శక్తి = సరాసరి గతిజ శక్తి = $\frac{1}{2}$ (మొత్తం శక్తి) అని నిరూపించుము

గమనిక: సరాసరి గతిజ శక్తి = <గతిజ శక్తి> $=\frac{1}{T}\int_0^T\left(\text{గతిజ శక్తి}\right)dt$ మరియు

సరాసరి స్థితిజ శక్తి = <స్థితిజ శక్తి> $=\frac{1}{T}\int_0^T\left(\text{స్థితిజ శక్తి}\right)dt$

6. క్రింది వ్యవస్థలో m ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు సమతాస్థితి బిందువు నుండి లంబముగా క్రింది వైపుకు కొంత స్థానభ్రంశము చేసి వదిలితే, ఆవర్తన కాలముకైన సమీకరణమును లెక్కించుము. (కప్పీ సన్నది మరియు ఘర్షణ లేనిది. తీగ మరియు స్ప్రింగ్ తేలికైనవి).





11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 224 28-02-2023 13:24:04

గమనిక మరియు జవాబులు:

సంఘటన (అ)

ఇక్కడ కప్పీ స్ప్రింగ్‌తో బిగించబడియున్నది. ద్రవ్యరాశి y కు స్థానభ్రంశము చేస్తే స్ప్రింగ్ y కి సాగదీయబడును. కావున $F = T = ky$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

సంఘటన (ఆ)

ద్రవ్యరాశి y దూరముకు స్థానభ్రంశము చేస్తే కప్పీ కూడా y దూరమునకు స్థానభ్రంశం చేయబడును. $T = 4ky$.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{4k}}$$

సూచనా పుస్తకములు

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.

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 225 28-02-2023 13:24:04

అంతర్జాల కృత్యము ICT CORNER

డోలనములు

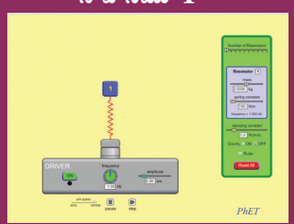
ఈ కృత్యము ద్వారా కంపనములను గూర్చి తెలుసుకొందామా!



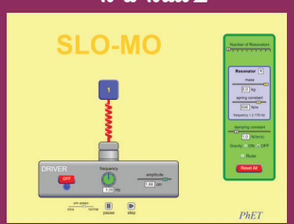
సోపానములు:

- క్రింది URL నుపయోగించి 'Resonance' అను అంతర్జాల పేజీకి వెళ్ళుము.
- కృత్యము కొరకు ధ్వని అనునాదము చేసే పరికరము ఇవ్వబడియుండును. 'Play' అను బటన్‌ను నొక్కి క్రింద ఇవ్వబడియున్న 'sim speed' ను క్లిక్ చేసి అనునాదములను చూడవలెను.
- కుడివైపు గల 'Number of Resonators', 'Mass' మరియు 'Spring constant' లను క్లిక్ చేసి 'frequency' నందు పౌనఃపున్యములను చూడవలెను.
- వివిధ అనునాదములను చూడుటకు 'Gravity' అనుదానిలో 'On', 'Off' అను వాటిని క్లిక్ చేయవలెను.

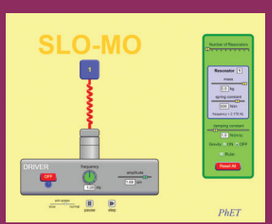
సోపానము 1



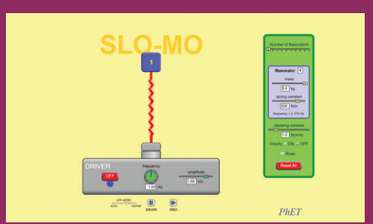
సోపానము 2



సోపానము 3



సోపానము 4



URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/resonance

* పటములు సూచన కొరకు మాత్రమే.
* అవసరమైతే **Flash Player** లేదా **Java Script** ను అనుమతించవలెను.

11th_Physics_Vol_2_Unit_10_Telugu_Medium.indd 226 28-02-2023 13:24:07

అధ్యాయము

11

తరంగములు (WAVES)

మానవులైన మనం శబ్ద మరియు కాంతి తరంగాలను నియంత్రించ గలిగాం, తగ్గించ గలిగాం. కదలాడే అనేక తరంగ పౌన:పున్యాల కలయికే విశ్వంగా స్వరం చేయబడింది. మనం పవిత్రమైన జీవ రసాయనాలతో తయారుచేయబడిన ఆత్మలు మరియు మన ఆత్మలు సంగీతం పాడడానికి మన దేహాలే వాయిద్యాలు

– ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ (Albert Einstein)

అభ్యసనా లక్ష్యములు

ప్రస్తుత అధ్యాయములో విద్యార్థులు నేర్చుకొనబోవు అంశాలు

- తరంగములు మరియు వాటి రకములు (తిర్యక్ తరంగములు మరియు అనుదైర్ఘ్య తరంగములు)
- పౌనఃపున్యము, ఆవర్తన కాలము మరియు కంపన పరిమితిల గురించి తెలుసుకోవడం
- తిర్యక్ తరంగము మరియు అనుదైర్ఘ్య తరంగముల వేగము
- ధ్వని తరంగముల వేగము.
- సమతల మరియు వక్రతలములపై ధ్వని తరంగముల పరావర్తనము మరియు వాటి అనువర్తనములు.
- పురోగామి తరంగములు వాటి రేఖాచిత్ర వివరణ
- ఆధ్యారోపణ నియమము, తరంగముల వ్యతికరణము, విస్పందనలు మరియు స్థిర తరంగములు
- స్థిర తరంగముల లక్షణములు, సోనోమీటర్
- ప్రాథమిక పౌనఃపున్యము, హరాత్మకత మరియు ఉన్నత స్వరములు
- తీవ్రత మరియు బిగ్గరత
- వాయు స్తంభంలో కంపనము మూయబడిన ఆర్గాన్ గొట్టము, తెరవబడిన ఆర్గాన్ గొట్టము మరియు వాయు స్తంభ అనునాదము
- డాప్లర్ ఫలితము మరియు దాని అనువర్తనములు

11.1 పరిచయము (INTRODUCTION)

మునుపటి అధ్యాయములో మనము కణము యొక్క డోలనములను (oscillation) గురించి చర్చించాము. కొన్ని కణములు కలిగిన ఏదేని ఒక యానకమును అనుకొందాం. యానకపు ఒక కొన వద్ద అలజడి సృష్టించిన యెడల అది ప్రసరించి మరొక కొన వద్దకు చేరుతుంది. అనగా మొదటి ద్రవ్యరాశి బిందువు వద్దకు బదిలీ చెంది యానకపు చివరికి చేరుతుందని అర్థం. ఇక్కడ ద్రవ్యరాశి బిందువులు స్థిరంగా ఉండి అలజడి మాత్రమే బదిలీ చెందుచున్నదని గుర్తించాలి. అదే విధముగా మనము మాట్లాడే మాటలు గొంతులోని స్వరతంత్రి కంపనముల వలన జనిస్తుంది. దీని వలన మన



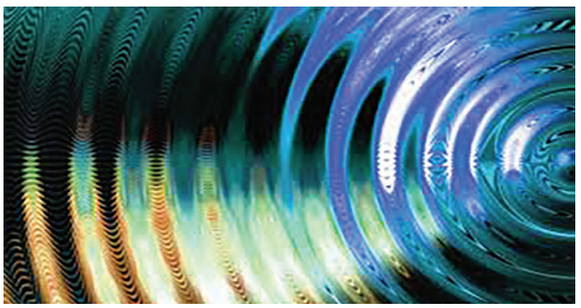
పటము 11.1 వయోలిన్ నందలి స్థిర తరంగములు

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 227 28-02-2023 13:30:10

చుట్టూ ఉన్న గాలి అణువులు కంపనము చెంది, తద్వారా మాటల ఫలితము (సమాచారము) ఆవరణములో (space) ఒక బిందువు నుండి మరొక బిందువు వద్దకు యానకపు కణములు తీసుకువెళ్ళకుండా బదిలీ చెందించుచున్నది. ఈ విధముగా ఆవరణములో ఒక బిందువు నుండి మరొక బిందువుకు మార్పిడి చెందకుండా శక్తి మరియు ద్రవ్యవేగమును తీసుకువెళ్ళే అలజడినే తరంగము (wave) అంటారు.

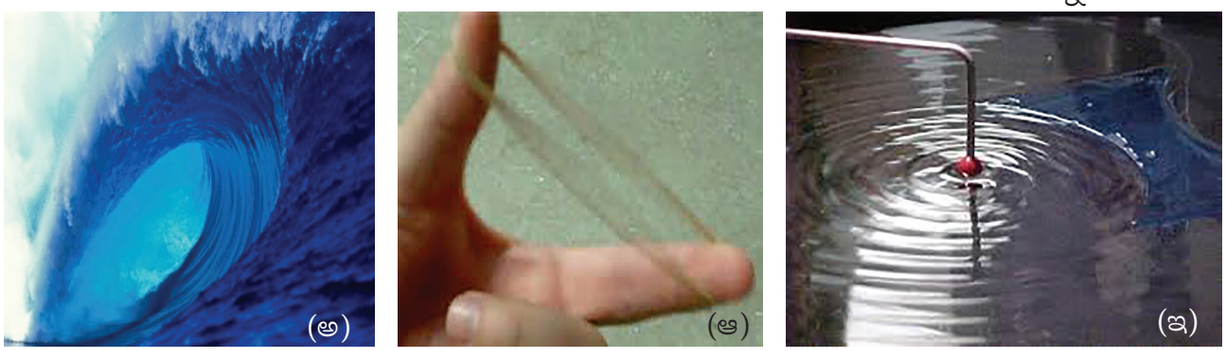
ఒక వ్యక్తి సముద్ర తీరమున నిలబడి సముద్రము నుండి ఒకే రకమైన హెచ్చుతగ్గుల అమరికతో కూడిన అలలు రావడాన్ని గమనించగలడు. వీటిని సముద్ర తరంగాలు (ocean waves) అంటారు. ఒక రబ్బరు బ్యాండును లాగి వదలినపుడు అది తరంగము వలె కంపిస్తుంది. ఇది స్థిర తరంగాలకు ఒక ఉదాహరణ. ఇది పటము (11.2) లో చూపబడియున్నది. తరంగములకు మరొక ఉదాహరణ కాంతి తరంగములు (light waves) వీటినే విద్యుదయస్కాంత తరంగములు (Electromagnetic waves) అని కూడా అంటారు. కాంతి తరంగముల ద్వారా ప్రకృతి యొక్క సౌందర్యాన్ని చూడగలుగుచున్నాము మరియు ధ్వని తరంగాల ద్వారా ఆహ్లాదకరమైన సుమధుర గీతములను విని సంతోషించగలుగుచున్నాము. మన దైనందన జీవితములో చరవాణి సమాచార ప్రసారము (Mobile phone communication) మరియు లేసర్ శస్త్ర చికిత్స వంటి వాటిలో తరంగముల యొక్క అసంఖ్యాకమైన అనువర్తనములు ఉపయోగపడుచున్నవి.

11.1.1 నీటి ఉపరితలముపై ఏర్పడు అలలు మరియు తరంగములు (Ripples and wave formation on the water surface)



పటము 11.3 నీటి ఉపరితలముపై ఏర్పడు అలలు

నిలకడగా ఉన్న ఒక నీటి ఉపరితలముపై మనము ఒక రాయిని వేసినపుడు పటము 11.3 లో చూపిన విధముగా నీటి ఉపరితలంపై రాయి తాకిన భాగము వద్ద అలజడి ఏర్పడుటను గమనించవచ్చును. ఈ అలజడి ఎప్పటికప్పుడు వ్యాసార్ధము పెరుగుచున్న ఏక కేంద్ర వృత్తాల (అలలు) రూపంలో వ్యాపిస్తుంది. అలా వ్యాపించి నీటి ఉపరితల హద్దు (నీటి తొట్టె) ను ఢీ కొంటుంది. ఎందుకనగా రాయిలోని కొంత గతిజశక్తి నీటి ఉపరితలముపై గల నీటి అణువులకు బదిలీ అవుతుంది. వాస్తవానికి నీటి అణువులు (యానకము – Medium) అలజడితో బాటు చలించవు. దీనిని నీటి ఉపరితలముపై ఒక కాగితపు ముక్కను ఉంచి గమనించవచ్చును. నీటి ఉపరితలముపై అలజడి (తరంగము) ప్రసరించినపుడు కాగితపు ముక్క పైకి క్రిందకు కదులుతుంది. నీటి అణువులు వాటి సమతాస్థితి (Mean position) నుండి కంపన చలనమునకు గురౌతాయని దీని నుండి తెలియుచున్నది.

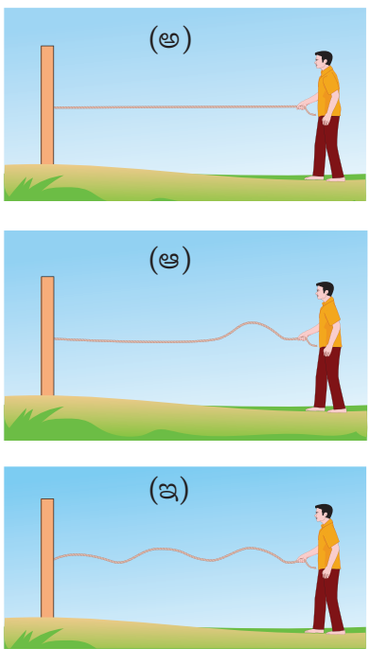


పటము 11.2 లో (అ) మహాసముద్రములలో ఏర్పడు తరంగాలు , (ఆ) రబ్బరు బ్యాండును లాగి వదలడం వలన ఏర్పడు స్థిర తరంగాలు (ఇ) నీటి ఉపరితలంపై ఏర్పడిన అలలు.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 228 28-02-2023 13:30:11

11.1.2 సాగదీయబడిన తీగలలో ఏర్పడు తరంగములు (Formation of waves on stretched string)

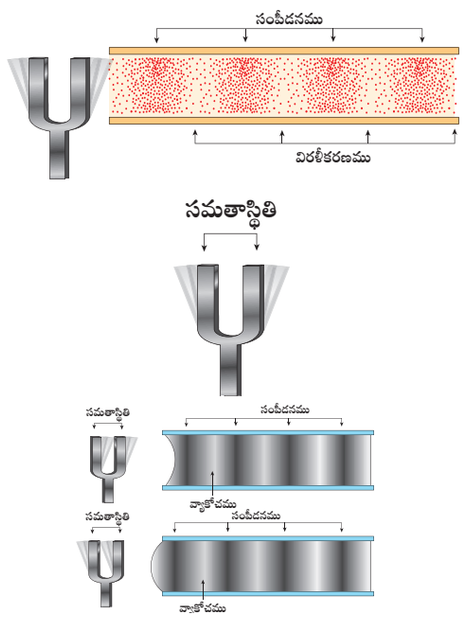
పటము 11.4 లో చూపినట్లు ఒక పొడవాటి సన్నటి తీగను తీసుకొని దాని ఒక కొనను గోడకు బిగించండి. ఇప్పుడు తీగను ఉన్నట్లుండి కుదిపినపుడు పటము 11.4 (ఆ) లో చూపినట్లు అలజడి (స్పందన) ఏర్పడుతుంది. ఇటువంటి ఆకస్మిక అలజడులు తక్కువ కాల వ్యవధిలోనే అంతమౌతాయి. కావున దానిని తరంగ స్పందన (wave pulse) అంటారు. తీగను నిరంతరంగా కుదిపినపుడు అందులో ఏర్పడిన తరంగాలను స్థిర తరంగాలు (standing or standing waves) అంటారు. ఇటువంటి తరంగాలు (స్థిర తరంగాలు) గిటారులోని తీగలను మీటునపుడు ఏర్పడుతాయి.



పటము 11.4 తీగ ఒక కొనను కుదిపినపుడు ఏర్పడిన తరంగ స్పందన

11.1.3 శృతి దండములో తరంగములు ఏర్పడుట (Formation of waves in a tuning fork)

ఒక శృతి దండము (tuning fork) ను రబ్బరు సుత్తిపై కొట్టినపుడు శృతి దండపు భుజములు (prongs) దాని సమతాస్థితి నుండి కంపనము చెందును అనగా అది పటము 11.5 లో గుర్తించిన విధముగా లోపలి వైపుకు మరియు వెలుపలి వైపుకు చలింస్తుందని అర్థము. శృతి దండపు భుజము వైపు (outward) కు కంపించినపుడు అది దాని ప్రక్కన గల గాలి పొరను నెట్టుతుంది. అనగా ఈ ప్రాంతంలో అధిక గాలి అణువులు ప్రోగై ఉంటాయి. కావున అక్కడ సాంద్రత (density) మరియు పీడనము (pressure) రెండూ అధికమౌతుంది. ఈ ప్రాంతమును సంపీడన ప్రాంతము (compressed regions) లేదా సంపీడనము (compressions) అని అంటారు. ఈ సంపీడన గాలి పొర ముందు వైపునకు చలించి దాని ప్రక్కన గల మరొక పొరను ఇదే విధముగా సంపీడన పరుస్తుంది. ఈ విధముగా సంపీడన తరంగము (compression) గాలి ద్వారా ముందు దిశలోకి ప్రసరిస్తుంది. ఇపుడు శృతి దండపు భుజము లోపలి వైపు (inward) కు కంపించినపుడు కుడివైపుగా ప్రసరిస్తున్న యానకపు కణములు గాలి స్థితిస్థాపకత కారణముచే ఎడమ వైపునకు కదులుతాయి ఈ ప్రాంతమును విరళీకరణము (rare faction) లేదా సాగదీయుట (Elongation) అని అంటారు.



పటము 11.5 రబ్బరు సుత్తితో శృతి దండమును కొట్టడము వలన ఏర్పడు తరంగము

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 229 28-02-2023 13:30:12

11.1.4 తరంగ చలనము యొక్క లక్షణములు (Characteristics of wave motion

- తరంగముల ప్రసరణకు కావలసిన యానకము జడత్వము (inertia) మరియు స్థితిస్థాపకత (elasticity) అనే భౌతిక ధర్మములను కలిగి ఉండాలి. ఇవి ఆ యానకములో తరంగము యొక్క వేగమును నిర్ణయిస్తుంది.
- ఇచ్చిన యానకములో తరంగము యొక్క వేగము స్థిరముగా ఉంటుంది. కానీ యానకములోని కణములు వేర్వేరు స్థానముల వద్ద వేర్వేరు వేగములతో చలిస్తాయి. వాటి సమతాస్థితి (mean position) వద్ద తరంగ వేగము గరిష్ఠముగానూ అంత్యస్థితి (extreme position) వద్ద తరంగ వేగము శూన్యముగానూ ఉంటుంది.
- తరంగములు పరావర్తనము (reflection), వక్రీభవనము (refraction), వ్యతికరణము (interference), వివర్తనం (diffraction) మరియు ధ్రువణము (polarization) వంటి తాత్విక ధర్మాలకు లోనౌతాయి.

ఆలోచించండి!

తరంగ ప్రసరణ కొరకు ఒక యానకము జడత్వము మరియు స్థితిస్థాపకత అనే రెండు ధర్మాలు కలిగి ఉండాలి.

కాంతి ఒక విద్యుదయస్కాంత తరంగము. ఐతే కాంతి ప్రసరణకు ఎటువంటి యానకము అవసరమౌతుంది?

11.1.5 యాంత్రిక తరంగ చలనము మరియు అందలి రకములు (Mechanical wave motion and its types)

తరంగ చలనమును రెండు రకాలుగా వర్గీకరించవచ్చును.

అ. యాంత్రిక తరంగము (Mechanical wave) – తరంగ ప్రసరణకు యానకము అవసరమైన యెడల ఆ తరంగమును యాంత్రిక తరంగము అంటారు.

ఉదాహరణ: ధ్వని తరంగములు, నీటి ఉపరితలముపై ఏర్పడు అలలు మొ॥

ఆ. యాంత్రికేతర తరంగము (Non mechanical wave) – తరంగ ప్రసరణ కొరకు యానకము అవసరములేని తరంగములను యాంత్రికేతర తరంగము అంటారు.

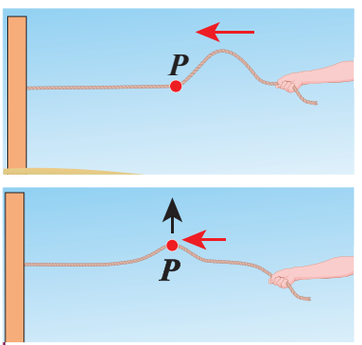
ఉదాహరణ: కాంతి తరంగములు, పరారుణ (Infra red) కిరణములు మొ॥

ఇంకనూ తరంగములు రెండు రకాలుగా వర్గీకరింపబడినవి

(అ)తిర్యక్ తరంగములు (Transverse waves

(ఆ)అనుదైర్ఘ్యతరంగములు (Longitudinal waves)

11.1.6 తిర్యక్ తరంగముల చలనము (Transverse wave motion)



పటము 11.6 తిర్యక్ తరంగములు

తిర్యక్ తరంగ చలనములో తరంగ వ్యాప్తి జరిగినపుడు, యానకములోని కణములు వాటి సమతాస్థితి నుండి తరంగ ప్రసార దిశకు లంబము (Perpendicular) గా కంపించును. దీని దిశ పటము 11.6 లో చూపబడియున్నది.

ఉదాహరణ: కాంతి (విద్యుదయస్కాంత తరంగములు)

11.1.7 అనుదైర్ఘ్య తరంగ చలనము (Longitudinal wave motion)

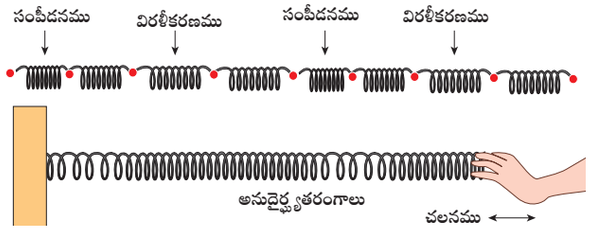
అనుదైర్ఘ్య తరంగ చలనములో తరంగ వ్యాప్తి జరుగునపుడు యానకములోని కణములు వాటి సమతాస్థితి నుండి తరంగ ప్రసార దిశకు సమాంతరముగా (Parallel) కంపించును. దీని దిశ పటము 11.7 లో చూపబడియున్నది.

ఉదాహరణ: చలిస్తున్న గాలిలో ధ్వని తరంగములు

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 230 28-02-2023 13:30:12

మీ ఉపాధ్యాయునితో చర్చించండి.

- సునామీ (జపాన్ భాషలోఓ సూ–నామ్–మీ అని అంటారు) అనునది ఓడరేవు లేక సముద్రపు కెరటము (Harbour waves) అనే అర్థమును ఇచ్చును.
- అత్యధిక వేగము మరియు భారీ మొత్తములో బలాన్ని కలిగిన వరుస మహా కెరటముల శ్రేణి వలన సునామీ ఏర్పడుతుంది. 2004 డిసెంబరు 26 వ తేదిన భారతదేశ దక్షిణ భాగమునకు ఏమి జరిగినది? చర్చించండి.
- గురుత్వాకర్షణ తరంగాలు (Gravitational waves) మరియు లిగో (LIGO - Laser lnterferometer Gravitational wave Observatory)
- భౌతిక శాస్త్రవేత్తలైన ప్రొఫెసర్ రెయినర్ వెయ్స్ ప్రొఫెసర్ బారీ C. బారిష్ మరియు ప్రొఫెసర్ కిప్ S. తోన్ LIGO అన్వేషణ మరియు గురుత్వాకర్షణ బలముల పరిశీలనకుగాను 2017 వ సంవత్సరములో భౌతిక శాస్త్రము నందు సంయుక్తముగా నోబెల్ బహుమతిని అందించారు.



పటము 11.7 అనుదైర్ఘ్య తరంగములు

పట్టిక 11.1: తిర్యక్ మరియు అనుదైర్ఘ్య తరంగముల పోలిక

వ.సం.	తిర్యక్ తరంగములు	అనుదైర్ఘ్య తరంగములు
1.	యానకములో కణముల యొక్క కంపన దిశ తరంగ చలన దిశకు లంబముగా ఉంటుంది.	యానకములో కణముల యొక్క కంపన దిశ తరంగ చలన దిశకు సమాంతరముగా ఉంటుంది.
2.	తరంగములోని అలజడి శృంగములు (crests) మరియు ద్రోణులు (troughs) రూపంలో ఉంటుంది.	తరంగములోని అలజడి సంపీడనము (compressions) మరియు విరళీకరణము (rarefaction) రూపంలో ఉంటుంది.
3.	స్థితిస్థాపక యానకములో మాత్రమే తిర్యక్ తరంగముల ప్రసరణ సాధ్యమౌతుంది.	అన్ని రకాల యానకములలో అనుదైర్ఘ్య తరంగముల ప్రసరణ జరుగుతుంది. ఉదా॥ ఘన, ద్రవ మరియు వాయు యానకములు

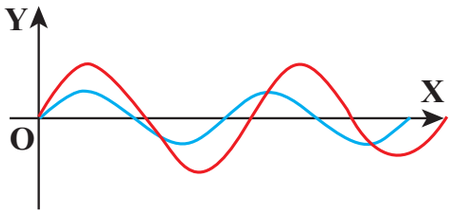
గమనిక:

1. యానకములేని స్థితిని శూన్యము (vacuum) అని అంటారు. విద్యుదయస్కాంత తరంగములు మాత్రమే శూన్యము గుండా ప్రసరించగలవు.
2. రేలే (Rayleigh) తరంగాలను తిర్యక్ మరియు అనుదైర్ఘ్య తరంగాల మిళితముగా పరిగణిస్తారు.

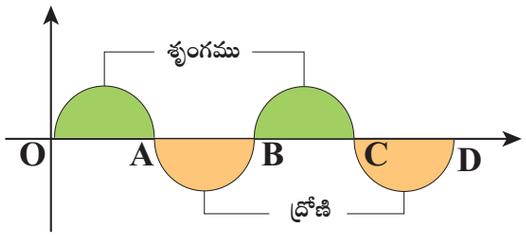
11.2 తరంగ చలనములో ఉపయోగింపబడు పదజాలములు మరియు నిర్వచనములు (TERMS AND DEFINITIONS USED IN WAVE MOTION)

పటము 11.8 లో చూపబడినట్లు రెండు తరంగములు ఉన్నవని అనుకొందాం. అవి రెండు ఒకే రకమైనవా? కాదు. అవి రెండూ సైన్ ఆకారములో ఉన్నప్పటికీ వాటి మధ్య అనేక రకాల తేడాలున్నవి. కావున వాటిని ఒకదాని నుండి మరొకటిని వేరుపరచడానికి కొన్ని ఆధార పదజాలములను (basicterminologies) నిర్వచించవలసియున్నది. పటము 11.9 లో చూపినట్లు లాగి బిగించబడిన ఒక తీగలో ఏర్పడు తరంగములను పరిగణిద్దాం.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 231 28-02-2023 13:30:13

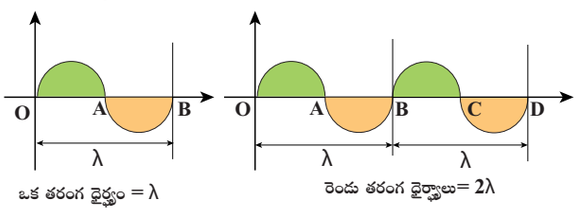


పటము 11.8 రెండు వేర్వేరు సైనుసాయిడల్ తరంగములు



పటము 11.9 ఒక తరంగము యొక్క శృంగము మరియు ద్రోణి

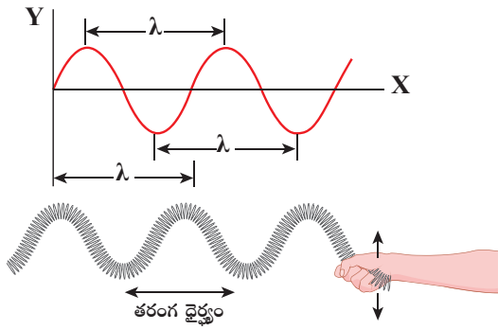
ఇప్పుడు మనము సృష్టించబడిన తరంగముల సంఖ్యను ఎంచుటలో ఆసక్తిని కనబరచినపుడు పటము 11.9 లో చూపినట్లు ఒక నిర్దేశిత స్థాయి (reference level) లేదా సమతాస్థితిని తీసుకోవాలి. పటము నందు గల సమాంతర రేఖ సమతాస్థితిని తెలుపుతుంది. మసక చేయబడిన భాగము (shaded portion) లో ఉన్నత బిందువు (highest point) ను శృంగము (crest) అని అంటారు. నిర్దేశిత స్థాయి దృష్ట్యా మసక చేయబడిన భాగము (un-shaded portion) లో నిమ్నబిందువు (lowest point) ను ద్రోణి (trough) అని అంటారు. ఈ తరంగము O నుండి B వరకు పునరావృతం (repetition) అవుతుంది. ఈ పునరావృతము కాని చిన్న భాగము యొక్క పొడవును ఒక తరంగధైర్ఘ్యం (wave length) అని అంటారు. ఇది పటము 11.10 లో చూపబడియున్నది. ఇది పటము 11.10 లో OB పొడవు లేదా BD పొడవు ఒక తరంగధైర్ఘ్యం అవుతుంది. తరంగ ధైర్ఘ్యమును ల్యాంబ్డా λ అనే గ్రీకు అక్షరంతో సూచిస్తారు.



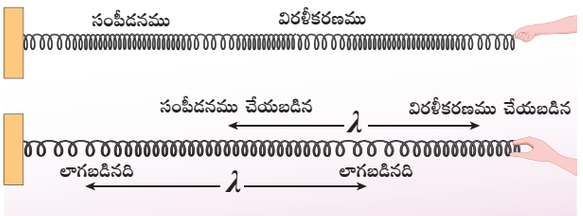
పటము 11.10 తరంగ ధైర్ఘ్యమును నిర్వచించుట

పటము 11.11 లో చూపినట్లు తిర్యక్ తరంగము నందు రెండు ప్రక్కప్రక్కనే గల వరుస శృంగము లేదా ద్రోణుల మధ్య దూరమును తరంగధైర్ఘ్యం అంటారు.

పటము 11.12 లో చూపినట్లు అనుధైర్ఘ్యయ తరంగము నందు రెండు ప్రక్కప్రక్కనే గల వరుస సంపీడనాలు లేదా విరళీకరణాల మధ్య దూరమును తరంగధైర్ఘ్యం అంటారు. తరంగధైర్ఘ్యమునకు SI ప్రమాణము మీటరు.



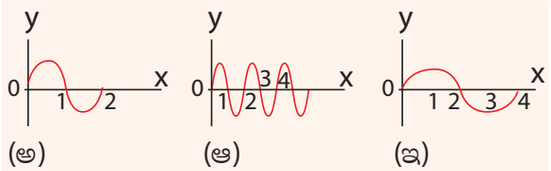
పటము 11.11 తిర్యక్ తరంగములలో తరంగ ధైర్ఘ్యం



పటము 11.12 అనుధైర్ఘ్య తరంగములలో తరంగ ధైర్ఘ్యము

ఉదాహరణ 11.1

క్రింది వాటిలో అధిక తరంగ ధైర్ఘ్యంగల తరంగ మేది?

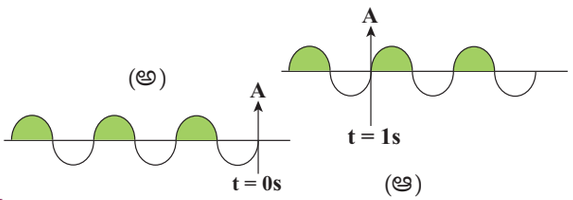


జవాబు (ఇ)

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 232 28-02-2023 13:30:14

పటము 11.13 (అ) లో చూపినట్లు మూడు తరంగ ధైర్ఘ్యములు కలిగిన తరంగములను తీసుకొని వాటి నుండి పౌనఃపున్యము మరియు ఆవర్తన కాలములను అర్థం చేసుకుందాం. $t = 0\ s$, కాలము వద్ద ఒక తరంగము ఎడమ వైపు నుండి A బిందువును చేరినది. $t = 1\ s$ కాలము తరువాత (పటము 11.13 (ఆ) లో చూపినట్లు) A బిందువును రెండు తరంగములు దాటినవి. అప్పుడు ఒక బిందువును ఒక సెకను కాల వ్యవధిలో దాటి వెళ్ళే తరంగాల సంఖ్యను పౌనఃపున్యము (frequency) అని నిర్వచిస్తారు. దీనిని హెర్ట్జ్‌లలో కొలుస్తారు. హెర్ట్జ్‌ను *Hz* అనే ఆంగ్ల అక్షరములచే సూచిస్తారు.

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



పటము 11.13 మూడు తరంగములు గల తరంగము బిందువు A ను (అ) $t = 0$ s మరియు (ఆ) $t = 1$ s తరువాత దాటివెళ్ళుట.

ఈ ఉదాహరణలో ఒక సెకను కాలవ్యవధిలో A బిందువు రెండు తరంగములు దాటి వెళ్ళినది అనుకొందాం. అప్పుడు ఒక తరంగం A బిందువును దాటుటకు పట్టిన కాలం అర్థ సెకను. దీని నుండి ఆవర్తన కాలం T ను క్రింది విధముగా నిర్వచించవచ్చును.

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

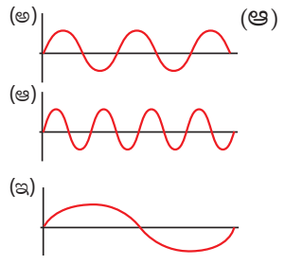
(11.1) మరియు (11.2) సమీకరణముల నుండి పౌనఃపున్యము మరియు ఆవర్తన కాలము ఒకదానికొకటి విలోమ సంబంధాన్నికలిగియున్నవని తెలియుచున్నది అనగా

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

ఒక బిందువును తరంగం దాటడానికి తీసుకొనే కాలమును ఆవర్తన కాలము అంటారు.

ఉదాహరణ 11.2

క్రింది పటములో మూడు తరంగములు చూపబడుచున్నవి.



అయితే

(అ) పౌనఃపున్యమును ఆరోహణ క్రమములో వ్రాయండి

(ఆ) తరంగధైర్ఘ్యమును ఆరోహణ క్రమములో వ్రాయండి

సాధన

(అ) $f_c < f_a < f_b$

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

పై ఉదాహరణ (11.2) నుండి పౌనఃపున్యము f అనునది తరంగ ధైర్ఘ్యం λ తో విలోమ సంబంధాన్ని కలిగియుండునని తెలియుచున్నది, $f \propto \frac{1}{\lambda}$.

అయితే $f\lambda$ అనునది దేనికి సమానమౌతుంది?

$$[\text{(i.e) } f\lambda = ?]$$

ఈ తెలియని భౌతిక రాశిని నిర్ధారించుటకు ఒక సరళమితి (dimensional) మనకు సహాయపడుతుంది?

తరంగ ధైర్ఘ్యము యొక్క మితి $[\lambda] = L$

పౌనఃపున్యము $f = \frac{1}{\text{ఆవర్తన కాలము}}$,

అప్పుడు పౌనఃపున్యము యొక్క మితిని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

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

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

కావున,

$$\text{వేగము} \quad \lambda f = v \qquad (11.4)$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 233 28-02-2023 13:30:16

ఇక్కడ v అనునది తరంగ వేగము (wave velocity) లేదా దిశా వేగము (phase velocity) అని అంటారు. ఈ వేగముతోనే తరంగము ప్రసరిస్తుంది. ఒక తరంగము ఒక సెకను కాలములో ప్రయాణించిన దూరమును తరంగ వేగము అంటారు.

గమనిక:

1. ప్రమాణ కాలములో ఒక తరంగము చేసే భ్రమణాల (revolutions) సంఖ్యను కోణీయ పౌనఃపున్యము (angular frequency) అంటారు. కోణీయ పౌనఃపున్యము, $\omega = \frac{2\neq}{T} = 2\pi f$ (దీనికి ప్రమాణము రేడియన్ / సెకను)
2. ప్రమాణ దూరమునకు ఒక తరంగము చేసే భ్రమణాలు లేదా ప్రమాణ దూరములోని తరంగాల సంఖ్యను తరంగ సంఖ్య (wave number) అంటారు.

   తరంగ సంఖ్య, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (దీనికి ప్రమాణము రేడియన్ / మీటరు)

   వేగము v కోణీయ పౌనఃపున్యము ω మరియు తరంగ సంఖ్య k ను క్రింది విధముగా సంబంధ పరచవచ్చును.

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

ఉదాహరణ 11.3

మానవులు తమ చెవి ద్వారా వినగలిగే ధ్వని తరంగముల సరాసరి పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 20 Hz నుండి 20 kHz గా ఉన్నది. అయితే ఈ పరిధిలోని ధ్వని తరంగాల తరంగ ధైర్ఘ్యమును లెక్కించండి. (ధ్వని వేగము 340 m s^{-1} గా ఊహించుకొనుము).

సాధన

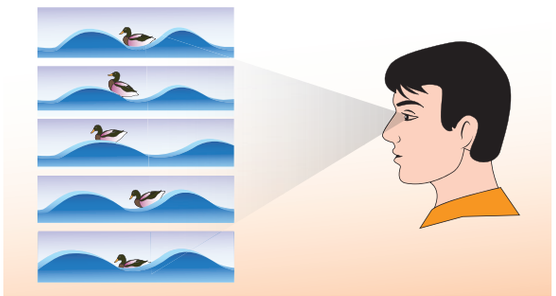
$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{340}{20} = 17\text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{340}{20\times10^3} = 0.017\,\text{m}$$

కావున మనము వినగలిగే ధ్వని వేగము 340 మీ $సె^{-1}$ ఉన్నప్పుడు దాని తరంగ ధైర్ఘ్య వ్యాప్తి 0.017 మీ నుండి 17 మీ వరకు ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 11.4

ఒక వ్యక్తి బాతు బొమ్మను సముద్రపు అలలపై ఉండడాన్ని గమనించాడు. ఈ బాతుబొమ్మ ఒక నిమిష కాలములో 15 సార్లు పైకి క్రిందకి కదులుచున్నది. దీని ద్వారా ఆ వ్యక్తి సముద్రపు అలల తరంగధైర్ఘ్యమును సుమారు 1.2 మీ ఉండునని లెక్కించాడు. అయితే బాతు బొమ్మ ఒకసారి పైకి మరియు క్రిందికి కదలడానికి పట్టే కాలమును మరియు సముద్రపు అలల వేగమును (తరంగ వేగమును) లెక్కించండి.



సాధన

ఒక నిమిష కాలములో బాతు బొమ్మ 15 సార్లు పైకి క్రిందకు కదులుచున్నదని దత్తాంశములో ఇవ్వబడియున్నది. ఇది మనకు పౌనఃపున్యమునకు సంబంధించిన సమాచారమును ఇస్తుంది. (బాతు బొమ్మ పైకి మరియు క్రిందకు ఎన్ని సార్లు కదలుచున్నదో ఆ సంఖ్య)

$$f = \frac{\text{బాతు బొమ్మ 15 పైకి మరియు క్రింద కదులుట}}{\text{ఒక నిమిషము}}$$

కానీ ఒక నిమిషము 60 సెకనులు కనుక, కాలమును సెకనులలోనికి మార్చాలి.

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

బాతు బొమ్మ ఒక్కసారి మాత్రమే పైకి క్రిందకు కదలడానికి పట్టేకాలమును ఆవర్తన కాలము అంటారు. ఇది పౌనఃపున్యమునకు విలోమ విలువ (inverse) అవుతుంది.

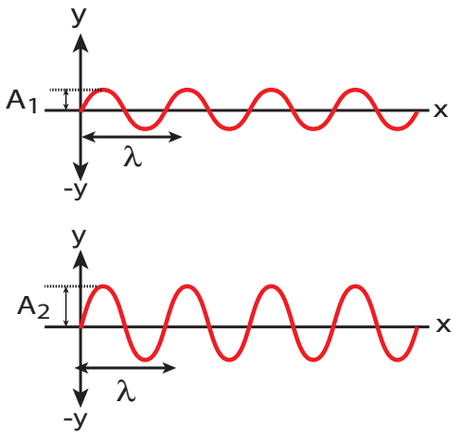
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.25} = 4\text{ s}$$

సముద్రపు అలల తరంగ వేగము

$v = \lambda f = 1.2 \times 0.25 = 0.3$ మీ $సె^{-1}$.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 234 28-02-2023 13:30:20

తరంగ కంపన పరిమితి (Amplitude of a wave:)

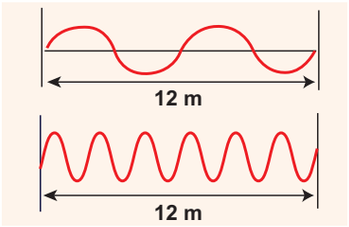


పటము 11.14 లో వేర్వేరు కంపన పరిమితులు గల తరంగములు

పటము 11.14 లో చూపబడిన తరంగములు సమాన తరంగ ధైర్ఘ్యము సమాన పౌనఃపున్యము మరియు సమాన ఆవర్తన కాలమును కలిగి సమవేగముతో పయనిస్తున్నవి. ఈ తరంగముల మధ్య గల ఒకే ఒక తేడా వాటి శృంగము లేదా ద్రోణులలో ఎత్తు మాత్రమే. దీని అర్థం ఏమనగా ఒక తరంగము యొక్క శృంగము లేదా ద్రోణి యొక్క ఎత్తు కూడా ఆ తరంగము లక్షణము పై ప్రభావం చూపుతుంది. కావున మనము తరంగము యొక్క మరొక భౌతిక రాశి కంపన పరిమితిని నిర్వచించాలి. నిర్దేశిత అక్షము (ఇక్కడ x- అక్షము) పరంగా యానకము పొందే గరిష్ఠ స్థాన భ్రంశమును కంపన పరిమితి అంటారు. దీనిని A అను అక్షరముతో సూచిస్తారు.

ఉదాహరణ 11.5

ఒక తీగ యొక్క ఒక కొనను గోడకు బిగించినట్లు ఊహిద్దాం. ఇప్పుడు క్రింద ఇవ్వబడిన రెండు సందర్భాలలో (ఇక్కడ తరంగములు ఇచ్చిన దూరమును 1 సెకనులో దాటుచున్నవని అనుకొందాం)



(అ) తరంగధైర్ఘ్యము, (ఆ) పౌనఃపున్యము మరియు (ఇ) వేగములను లెక్కించండి

సాధన

	మొదటి సందర్భం	రెండవ సందర్భం
(అ) తరంగధైర్ఘ్యం	$\lambda = 6$ m	$\lambda = 2$ m
(ఆ) పౌనఃపున్యము	$f = 2$ Hz	$f = 6$ Hz
(ఇ) దిశావేగము	$v = 6 \times 2 =$ 12 మీ. సె$^{-1}$	$v = 2 \times 6$ $= 12$ మీ. సె$^{-1}$

అనగా తీగలో తరంగ వేగం స్థిరంగా ఉన్నది. కానీ తరంగధైర్ఘ్యం పెరిగితే పౌనఃపున్యము తగ్గడం అలాగే తరంగధైర్ఘ్యం తగ్గితే పౌనఃపున్యము పెరగడం జరిగింది. కానీ తరంగధైర్ఘ్యం మరియు పౌనఃపున్యాల లబ్ధము మాత్రము స్థిరంగా ఉంది.

11.3 వేర్వేరు యానకములలో తరంగముల వేగము (VELOCITY OF WAVES IN DIFFERENT MEDIA)

పొడవైన రైలు పట్టాలపై సుత్తితో కొట్టినపుడు కొంత దూరములో రైలు పట్టాలపై చెవిని ఉంచి వినినచో రెండు ధ్వనులూ వేర్వేరూ సమయములలో వినబడతాయి. ఈ ధ్వని గాలి (వాయు యానకము) కంటే రైలు పట్టాల (ఘన యానకము) ద్వారా మనకు అత్యంత వేగముగా వినబడుతుంది. దీని నుండి ధ్వని వేర్వేరు యానకములలో వేర్వేరు వేగములతో పయనిస్తుందని తెలియుచున్నది.

ఈ విభాగములో రెండు వేర్వేరు సంధర్భాల్లో తరంగ వేగమునకు సంబంధించిన సమీకరణమును ఉత్పాదించెదము.

1. సాగదీయబడిన ఒక తీగ ద్వారా వెళ్ళే తరంగాల దిశావేగము
2. ఒక స్థితిస్థాపక యానకములో పయనించే అనుధైర్ఘ్యతరంగ వేగము

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 235 28-02-2023 13:30:20

11.3.1 సాగదీయబడిన తీగ ద్వారా వెళ్ళే తిర్యక్ తరంగముల వేగము (Velocity of transverse waves in a stretched string)

ఒక తీగలో పయనించే తిర్యక్ తరంగముల వేగమును లెక్కిద్దాం. తీగలో ఒక కొన (ఎడమవైపు) వద్ద కుదిపినపుడు నిశ్చల చట్రంలో ఉన్న పరిశీలకుని పరంగా v వేగముతో తరంగ స్పందనలు కుడివైపుగా చలిస్తాయి.

తీగపై లాక్షణికములో రెండు బిందువులు A మరియు B ను గుర్తించినట్లు అనుకొందాం. తీగ ప్రాథమిక భాగములో dl మరియు dm ను వరుసగా పొడవు మరియు ద్రవ్యరాశిగా తీసుకొందాం. నిర్వచనం ప్రకారం రేఖీయ ద్రవ్య సాంద్రత (linear mass density) μ ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

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

తీగలోని ప్రాథమిక భాగము AB ఒక వక్రత (curvature) ను కలిగి ఉంటుంది. అది పటము (11.15) (ఆ) లో చూపినట్లు O వద్ద జనించి O కేంద్రముగా R వ్యాసార్ధముతో θ కోణమును కలిగిన ఒక చాపము వలె ఉన్నది. కోణము θ ను చాప పొడవు (arc length) మరియు వ్యాసార్ధం పరంగా వ్రాసినచో $\theta = \frac{dl}{R}$ అవుతుంది. తీగలో తన్యత కారణముగా ఏర్పడిన అభికేంద్ర త్వరణము (centripetal acceleration) ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

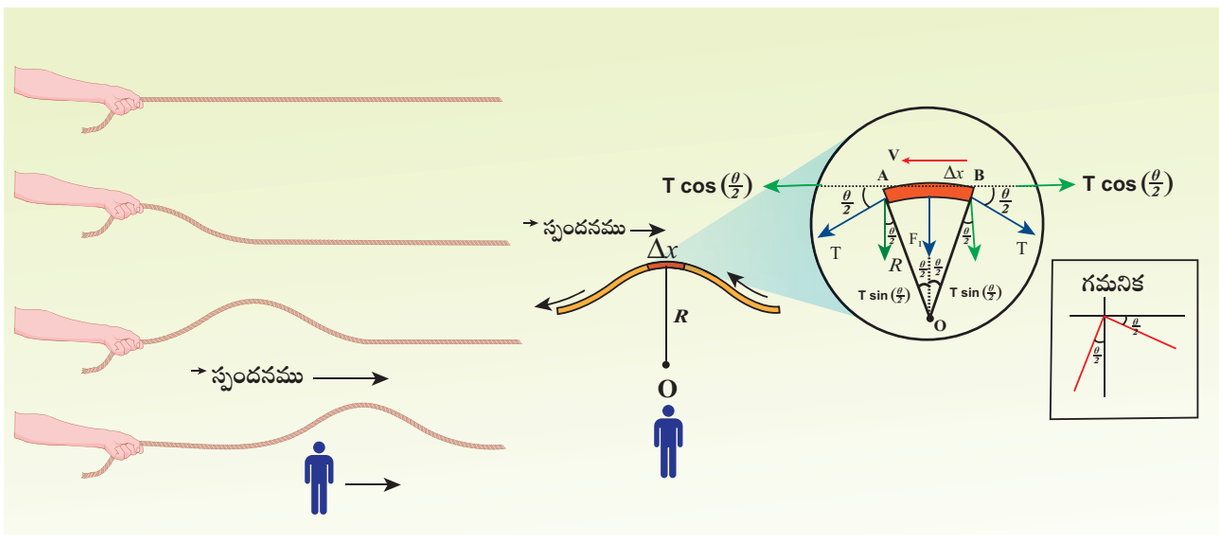
ఇప్పుడు అభికేంద్ర బలము

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

11.6 వ సమీకరణము నుండి

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

తన్యత T అనునది తీగ ప్రాథమిక భాగము A మరియు B వద్ద వాటి స్పర్శ రేఖ (tangent) వెంబడి పనిచేస్తుంది. అయితే చాప పొడవు చాలా తక్కువ కావున తన్యతా బలములో ఏర్పడు మార్పును మనము ఉపేక్షించవచ్చును. సాగదీయబడిన తీగలో పెద్దదిగా చూపబడిన ప్రాథమిక భాగము మరియు v వేగములో పరిశీలకుని చట్రములో చూడబడు ఒక తరంగ స్పందన. తన్యత T ను క్షితిజసమాంతరాంశం (horizontal component) $T\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$ మరియు



పటము 11.15 లో చూపినట్లు తీగలో ఒక ప్రాథమిక భాగము (Elemental segment) ను పరిగణిద్దాం.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 236 28-02-2023 13:30:23

లంబాంశం (vertical component) $T\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$ గా విభజించవచ్చు. A మరియు B వద్ద క్షితిజాంశములు సమాన పరిమాణము (Magnitude) ను కలిగియుండును. కాని అవి వ్యతిరేక దిశలో ఉంటాయి. కనుక అవి ఒకదానికొకటి సమతుల్యం చేసుకొంటాయి. ప్రాథమిక చాప పొడవు AB ని తక్కువగా తీసుకోవడం చేత A మరియు B వద్ద లంబాంశం చాప కేంద్రము నుండి లంబంగా పనిచేయునట్లు కనబడుతుంది. కావున వీటిని కూడవలెను. నికర రేడియల్ బలము F_r ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

తీగ పొడవుతో పోల్చినపుడు తరంగ కంపన పరిమితి చాలా తక్కువగా ఉండుటవల్ల $\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \approx \frac{\theta}{2}$ అవుతుంది. కావున

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

కాని $\theta = \frac{dl}{R}$, దీని నుండి

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

న్యూటన్ రెండవ నియమమును సమతాస్థితిలో రేడియల్ (కిరణ) దిశలో ఉన్న ప్రాథమిక తీగకు అన్వయించినపుడు బలము యొక్క రేడియల్ అంశము అభికేంద్ర బలమునకు సమానం అవుతుంది. కనుక (11.9) మరియు (11.12) వ సమీకరణములను సమపరచగా

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

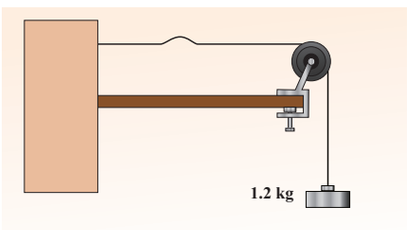
$$v = \sqrt{\frac{T}{\propto}} \qquad (11.13)$$

పరిశీలనలు:

- తీగ యొక్క దిశావేగము అనునది
  - అ. తన్యత బలము యొక్క వర్గమూలానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
  - ఆ. రేఖీయ ద్రవ్య సాంద్రత యొక్క వర్గమూలానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
  - ఇ. తరంగం యొక్క ఆకారముపై ఆధారపడదు.

ఉదాహరణ 11.6

క్రింది పటములో ఇవ్వబడిన ఒక చలనములోని స్పందన (తరంగము) వేగమును లెక్కించండి. ఇక్కడ స్పందనము (pulse) యొక్క రేఖీయ ద్రవ్యసాంద్రత 0.25 కి.గ్రా మీ$^{-1}$ తీగపై 30 సెం.మీ దూరమును ప్రయాణించుటకు తరంగ స్పందన తీసుకొన్న వేగమును కూడా లెక్కించండి.



సాధన

తీగ యొక్క తన్యత $T = mg = 1.2 \times 9.8$
$= 11.76$ N

ప్రమాణ పొడవుకు తీగ ద్రవ్యరాశి $\mu = 0.25$ కి.గ్రా మీ$^{-1}$ అయితే తరంగ స్పందన వేగము

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

ఇప్పుడు తరంగ స్పందన 30 సెం.మీ దూరమును ప్రయాణించుటకు తీసుకొన్న వేగము

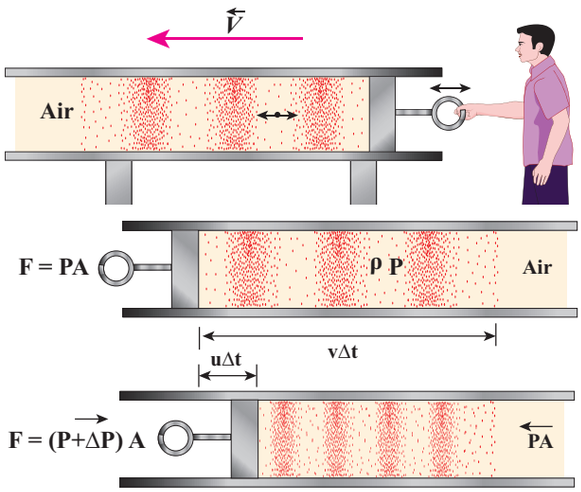
$$t = \frac{d}{v} = \frac{30\times10^{-2}}{6.8} = 0.044\text{సె} = 44\text{మి.సె}$$

(ఇక్కడ మి.సె = మిల్లీ సెకండు)

11.3.2 స్థితిస్థాపక యానకములో అనుదైర్ఘ్య తరంగముల వేగము (Velocity of longitudinal waves in an elastic medium)

A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము మరియు P పీడనమును కలిగి ఉన్న ఒక పొడవైన స్థూపాకార గొట్టములో నిర్దిష్ట ద్రవ్యరాశిలో ఒక స్థితిస్థాపక యానకము (గాలి

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 237 28-02-2023 13:30:25



పటము 11.16 పిస్టన్ ఉపయోగించి ప్రవాహిని స్థానభ్రంశం చెందించుట వలన ప్రవాహిలో ఏర్పడిన అనుదైర్ఘ్యతరంగములు

అనుకొందాం) ఉన్నట్లు పరిగణిద్దాం. ఇందులో ప్రవాహి (fluid) లో పిస్టన్‌ను ఉపయోగించి ప్రవాహిని స్థానభ్రంశం చెందించుట లేదా గొట్టం ఒక చివరన కంపిస్తున్న శృతి దండమును ఉంచుట ద్వారా అనుదైర్ఘ్యతరంగమును మనము ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.

తరంగ ప్రసార దిశ స్థూపాకార గొట్టము యొక్క అక్షముతో ఏకీభవించునట్లు ఊహిద్దాం. ప్రారంభంలో నిశ్చలంగా ఉన్న ప్రవాహి యొక్క సాంద్రతను ρ అనుకొందాం. $t = 0$ కాలము వద్ద గొట్టమునకు ఎడమ వైపున గల పిస్టన్ (piston) ను కుడివైపుగా u వేగముతో చలించునట్లు చేయాలి.

ఇప్పుడు పిస్టన్ యొక్క వేగమును u స్థితిస్థాపక తరంగం యొక్క వేగమును v అని అనుకొందాం. Δt కాల వ్యవధిలో పిస్టన్ ప్రయాణించిన దూరం $\Delta d = u\,\Delta t$ అవుతుంది. కావున స్థితిస్థాపక అలజడి ప్రయానించిన దూరం $\Delta x = v\Delta t$ అవుతుంది. Δm ను గాలి ద్రవ్యరాశిగానూ అది Δt కాలములో v వేగాన్ని పొందినది అని అనుకొంటే

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

పిస్టన్ యొక్క చలనము వలన కలిగిన వేగము u ద్వారా ఏర్పడిన ద్రవ్యవేగము (momentum)

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

కాని ద్రవ్యవేగములోని మార్పురేటును ప్రచోదనం అంటారు.

నికర ప్రచోదనం అనునది

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

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

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

గాలి ద్వారా ధ్వని తరంగాలు ప్రసరించినపుడు గాలి యొక్క అత్యల్ప ఘన పరిమాణ మూలకము (small volume element (ΔV)) ఒక క్రమమైన సంపీడనాలు మరియు విరళీకరణాలకు గురవుతుంది. కావున పీడనములో ఏర్పడిన ఈ మార్పును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

ఇక్కడ V అనునది ప్రారంభ ఘన పరిమాణము మరియు K అనునది ఆయతన గుణకము (Bulk modulus)

కాని $V = A\,\Delta x = A\,v\,\Delta t$ మరియు

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

కావున,

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

11.14 మరియు 11.15 సమీకరణాలను పోల్చగా

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

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

సాధారణంగా స్థితిస్థాపక యానకములో అనుదైర్ఘ్య తరంగము యొక్క వేగము $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ అవుతుంది. ఇక్కడ E ను యానకము యొక్క స్థితిస్థాపక గుణకము (modulus of elasticity) అంటారు.

సంధర్భములు : ఘన పదార్థమునకు

(i) ఏక మితీయ (**one dimensional**) కడ్డీ **(1D)**

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 238 28-02-2023 13:30:27

ఇందులో Y అనునది కడ్డీ తయారైన పదార్థపు యంగ్ గుణకము మరియు ρ అనునది కడ్డీ సాంద్రత. ఏకమితీయ 1D కడ్డీలకు యంగ్ గుణకము (Young's modulus) మాత్రమే ఉంటుంది.

(ii) త్రిమితీయ (Three dimensional) కడ్డీ (3D): ఘన పదార్థములలో అనుదైర్ఘ్య తరంగముల వేగము

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

ఇక్కడ η అనునది దృఢతా గుణకము (modulus of rigidity) K అనునది ఆయతన గుణకము (bulk modulus) మరియు ρ అనునది కడ్డీ సాంద్రత.

సందర్భములు: ద్రవ పదార్థములకు

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

ఇక్కడ K ఆయతన గుణకము మరియు ρ కడ్డీ సాంద్రత.

ఉదాహరణ 11.7

ఒక ఉక్కు కడ్డీ (steel rod) యొక్క యంగ్ గుణకము $Y = 2 \times 10^{11}\ \mathrm{N\,m^{-2}}$ మరియు సాంద్రత $\rho = 7800$ కి.గ్రా మీ $^{-3}$ అయితే ఉక్కు కడ్డీలో ధ్వని వేగము లెక్కించండి.

సాధన

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

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

కావున అనుదైర్ఘ్యతరంగములు ద్రవ లేదా వాయువుల కంటే ఘన పదార్థములలో అత్యంత వేగంగా ప్రసరిస్తాయి. దీని నుండి మనము ఒక విషయాన్ని గ్రహించవచ్చు. అదేమనగా గొట్టెల కాపరి తన గొట్టెలను రైల్వే పట్టాలను దాటించునపుడు తన చెవిని పట్టాలపై ఉంచి దానిపై వచ్చే శబ్దాన్ని విని తన గొట్టెలను రక్షించుకొంటాడు.

ఉదాహరణ 11.8

నిర్దిష్ట ఘన పరిమాణము గల నీటిపై 100 *k*Pa పీడనాన్ని పెంచినపుడు దాని వాస్తవ ఘన పరిమాణము 0.005% తగ్గుతుంది. అయితే

(అ) నీటి ఆయతన గుణకమును లెక్కించండి

(ఆ) నీటిలో ధ్వని (సంపీడన తరంగాలు) వేగాన్ని లెక్కించండి.

సాధన

(అ) ఆయతన గుణకము

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

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

ఇక్కడ MPa అనునది మెగా పాస్కల్ అగును.

(ఆ) నీటిలో ధ్వని వేగము

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{2000\times10^{6}}{1000}} = 1414 \text{ మీ. సె}^{-1}$$

గమనిక

తిర్యక్ తరంగములు మరియు అనుదైర్ఘ్యతరంగముల వేగము స్థితిస్థాపక (elastic) ధర్మము (తన్యత T లేదా ఆయతన గుణకము K వంటివి) మరియు జడత్వ (inertial) ధర్మము (సాంద్రత లేఖ ప్రమాణ పొడవుకు ద్రవ్యరాశి వంటివి) లపై ఆధారపడి ఉంటుంది.

$$v = \sqrt{\frac{\text{స్థితిస్థాపక ధర్మము}}{\text{జడత్వ ధర్మము}}}$$

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 239 28-02-2023 13:30:29

పట్టిక 11.2: వేర్వేరు యానకములలో ధ్వని వేగము

S.No.	యానకము	మీ. సె$^{-1}$ లలో వేగము
	ఘన పదార్థములు	
1.	రబ్బరు	1600
2.	బంగారు	3240
3.	ఇత్తడి	4700
4.	రాగి	5010
5.	ఇనుము	5950
6.	అల్యూమినియం	6420
	25°C వద్ద ద్రవ పదార్థములు	
1.	కిరోసిన్	1324
2.	పాదరసం	1450
3.	నీరు	1493
4.	సముద్రపు నీరు	1533
	0°C వద్ద వాయు పదార్థములు	
1.	ఆక్సిజన్	317
2.	గాలి	331
3.	హీలియం	972
4.	హైడ్రోజన్	1286
	20°C వద్ద వాయు పదార్థములు	
1.	గాలి	343

11.4 ధ్వని తరంగముల ప్రసారం (PROPAGATION OF SOUND WAVES)

ధ్వని తరంగములు అనుదైర్ఘ్య తరంగములు అని మనకు తెలుసు. ఈ ధ్వని తరంగములు ప్రసరించేటపుడు సంపీడనములు మరియు విరళీకరణములు ఏర్పడుతాయి. ఈ విభాగములో న్యూటన్ పద్ధతిని అనుసరించి ధ్వని వేగాన్ని లెక్కించుట లాప్లాస్ సవరణను చర్చించుట మరియు గాలిలో ధ్వని వేగాన్ని ప్రభావితం చేయు కారకాలను గురించి చర్చిద్దాం.

11.4.1 గాలిలో ధ్వని వేగమునకు సంబంధించి న్యూటన్ సూత్రము: (Newton's formula for speed of sound waves in air)

గాలిలో ధ్వని ప్రసారం జరిగేటపుడు అందులో చాలా నెమ్మదిగా సంపీడనములు మరియు విరళీకరణములు ఏర్పడుతాయి. కనుక ఈ ప్రక్రియ సహజంగానే సమోష్ణోగ్రతా ప్రక్రియ (isothermal) గా ఉండునని సర్ ఐజక్ న్యూటన్ అభిప్రాయపడిరి. అనగా సంపీడనములు ఏర్పడినపుడు ఉష్ణోగ్రతలోకి పెరుగుదల (పీడనము పెరుగును, ఘన పరిమాణము తగ్గును) మరియు విరళీకరణములు ఏర్పడినపుడు ఉష్ణోగ్రతలోని తగ్గుదల (పీడనము తగ్గును, ఘన పరిమాణము పెరుగును) జరుగుతుంది. ఉష్ణోగ్రతలో హెచ్చుతగ్గులు నెమ్మదిగా ఏర్పడినందున ఈ కాల వ్యవధిలో యానకము యొక్క ఉష్ణోగ్రత స్థిరంగా ఉంటుంది. కనుక గాలిలోని అణువులను ఆదర్శ వాయువుగా పరిగణించిన యెడల పీడనము మరియు ఘన పరిమాణములోని మార్పులను బాయిల్ నియమము పాటిస్తాయి. దీనిని గణితాత్మకంగా క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$PV = \text{స్థిరాంకం} \qquad (11.20)$$

(11.20) సమీకరణమును అవకలనము (Differentiating) చేయగా

$$PdV + VdP = 0$$

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

ఇక్కడ K_I అనునది గాలి యొక్క సమోష్ణ ఆయతన గుణకము (Isothermal bulk modulus). 11.21 వ సమీకరణమును 11.16 లో ప్రతిక్షేపించగా,

గాలిలో ధ్వని వేగం

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

ఇక్కడ P అనునది గాలి పీడనము దీని విలువ NTP (Normal Temperature and Pressure - సాధారణ ఉష్ణోగ్రత పీడనము) వద్ద పాదరస స్థంభములో 76cm ఉంటుంది. మనకు $P = h\rho g$ అని తెలుసు

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 240 28-02-2023 13:30:30

$$P = (0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8)\ \text{N m}^{-2}$$

$\rho = 1.293$ కి.గ్రా మీ$^{-3}$.

ఇందులో ρ అనునది గాలి సాంద్రత గాలిలో NTP వద్ద ధ్వని వేగం

$$v_T = \sqrt{\frac{(0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8)}{1.293}}$$

$$= 279.80 \text{ మీ.సె}^{-1} \approx 280 \text{ మీ.సె}^{-1}$$

(సిద్ధాంత విలువ)

ప్రయోగాత్మకంగా 0°C ఉష్ణోగ్రత వద్ద గాలిలో ధ్వని వేగం 332 మీ.సె$^{-1}$ గా పరిశీలించబడినది. ఇది సిద్ధాంత పరమైన విలువ కంటే 16% ఎక్కువగా కలదు.

(దోష శాతము $\frac{(332-280)}{332} \times 100\% = 15.6\%$)

ఈ దోషము విలువ పరంగా ఎక్కువే.

11.4.2 లాప్లాస్ సవరణ (Laplace's correction)

యానకములో ధ్వని ప్రసారం జరిగేటపుడు అందులోని కణములు అత్యంత వేగంగా కదిలి తద్వారా సంపీడనాలు మరియు విరళీకరణాలు కూడా వేగంగా ఏర్పడుతాయి అని 1816 వ సంవత్సరంలో లాప్లాస్ అను శాస్త్రవేత్త సంతృప్తికరంగా సవరించిరి. కావున సంపీడనము వలన ఉష్ణము ఉత్పత్తియగును మరియు విరళీకరణము వలన ఉష్ణము గ్రహించబడి చల్లని ప్రభావము అనేది జరుగదు. ఎందుకనగా గాలి (యానకము) ఉష్ణమునకు అధమ వాహకము. ఇందులో ఉష్ణోగ్రతను స్థిరరాశిగా పరిగణించనవసరం లేదు కనుక ధ్వని ప్రసారం ఒక స్థిరోష్ణక (adiabatic) ప్రక్రియ. స్థిరోష్ణక ప్రక్రియ ఆలోచనాపరంగా వాయువు పాయిజాన్ నియమమును పాటిస్తుంది. (న్యూటన్ అనుకొన్నట్లు బాయిల్ నియమము పాటించదు) కనుక

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

ఇక్కడ $\gamma = \frac{C_P}{C_v}$, అనగా ఇది స్థిర పీడనం వద్ద విశిష్టోష్ణం (specific heat) మరియు స్థిర ఘన పరిమాణం వద్ద విశిష్టోష్ణముల నిష్పత్తికి సమానం.

11.23 వ సమీకరణమును ఇరువైపులా అవకలనము చేయగా

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

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

ఇక్కడ K_A అనునది గాలి యొక్క స్థిరోష్ణక ఆయతన గుణకము (adiabatic bulk modulus) ఇప్పుడు సమీకరణము (11.24) ను (11.16) లో ప్రతిక్షేపించగా గాలిలో ధ్వని వేగం

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

ముఖ్యంగా గాలిలో నైట్రోజన్, ఆక్సిజన్, హైడ్రోజన్ మొదలైనవి (ద్వి పరమాణుక వాయువులు) ఉండుటచే మనము $\gamma = 1.4$ గా తీసుకోవాలి. కావున గాలిలో ధ్వని వేగం $v_A = (\sqrt{1.4})\,(280 \text{ మీ.సె}^{-1}) = 331.30 \text{ మీ.సె}^{-1}$. ఈ విలువ ప్రయోగాత్మక విలువకు చాలా సమీప విలువను కలిగియున్నది.

11.4.3 వాయువులలో ధ్వని వేగాన్ని ప్రభావితం చేయు కారకాలు (Factors affecting speed of sound in gases)

ఒక ఆదర్శ వాయువును తీసుకొని దాని స్థితి సమీకరణమును క్రింది విధంగా వ్రాద్దాం.

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

ఇక్కడ P అనునది పీడనము, V అనునది ఘన పరిమాణము, T అనునది ఉష్ణోగ్రత, μ అనునది మోల్ సంఖ్య మరియు, R అనునది విశ్వ వాయు స్థిరాంకం (universal gas constant). ఇచ్చిన అణువు యొక్క ద్రవ్యరాశికి సమీకరణము 11.26 ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

నిర్ధిష్ట ద్రవ్యరాశి m వద్ద వాయువు యొక్క సాంద్రత దాని ఘనపరిమాణముతో విలోమ సంబంధంలో మారుతూ ఉంటుంది.

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 241 28-02-2023 13:30:33

(11.28) సమీకరణమును (11.27) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

ఇక్కడ c ఒక స్థిరాంకం
సమీకరణము (11.25) లో ఇవ్వబడిన గాలిలో ధ్వని వేగమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

పై సంబంధము నుండి మనము క్రింది అంశాలను పరిశీలించవచ్చు.

(అ) పీడన ప్రభావము:
నిర్ధిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద పీడనము మారుచున్నప్పుడు దానితోబాటు సాంద్రత కూడా మారుతుంది. దాని వలన $\left(\frac{P}{\rho}\right)$ నిష్పత్తి స్థిరాంకం అవుతుంది. అనగా నిర్ధిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద ధ్వని వేగము పీడనముపై ఆధారపడదు అని అర్థము. ఒక కొండ యొక్క అడుగు భాగము మరియు అగ్ర భాగము నందు ఉష్ణోగ్రత ఒకే విధముగా ఉన్నప్పుడు ఆ రెండు బిందువుల వద్ద ధ్వని వేగము కూడా ఒకే విధంగా ఉంటుంది. కాని ఆచరణలో కొండ యొక్క అడుగు మరియు అగ్ర భాగము నందు ఉష్ణోగ్రత ఒకే విధంగా ఉండదు. కావున ధ్వని వేగము ఒక్కొక్క బిందువు వద్ద వేర్వేరుగా ఉంటుంది.

(ఆ) ఉష్ణోగ్రత ప్రభావము:

$v \propto \sqrt{T}$ కావున

ధ్వని వేగము అనునది కెల్విన్‌లలోని ఉష్ణోగ్రత యొక్క వర్గమూలానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

0°C లేదా 273 K ఉష్ణోగ్రత వద్ద ధ్వని వేగము v_0 మరియు ఏదేని అనియత (arbitrary) ఉష్ణోగ్రత T (కెల్విన్‌లలో) వద్ద ధ్వని వేగం v అయితే

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

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

(ద్విపద విస్తరణ ఆధారంగా)

0°C వద్ద $v_0 = 331$ **మీ.సె**$^{-1}$ కావున ఏదేని ఉష్ణోగ్రత t°C వద్ద v ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు

$$v = (331 + 0.61t) \text{ మీ.సె}^{-1}$$

అనగా ఉష్ణోగ్రత పెరిగినప్పుడు ప్రతి 1°C కి గాలిలో ధ్వని వేగం 0.61 మీ.సె$^{-1}$ రెట్లు పెరుగుతుంది. ఉష్ణోగ్రత పెరిగినప్పుడు గాలి అణువులు థార్మిక శక్తి (thermal energy) ని గ్రహించి అత్యంత వేగంగా కంపిస్తాయి. తద్వారా ధ్వని వేగం పెరుగుతుంది.

(ఇ) సాంద్రత ప్రభావము :
ఒకే ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనము కలిగిన రెండు వాయువులు వేర్వేరు సాంద్రతలను కలిగి ఉన్నదని అనుకొందాం. అయితే, ఈ రెండు వాయువులలో ధ్వని వేగం

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

మరియు

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

11.31 మరియు 11.32 సమీకరణముల నిష్పత్తిని తీసుకొంటే

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

సమాన γ విలువ కలిగిన వాయువులకు

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

ఒక వాయువులో ధ్వని వేగము ఆ వాయువు సాంద్రత యొక్క వర్గమూలానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

(ఈ) తేమ ప్రభావము (ఆర్ధ్రత ప్రభావము):
తేమగాలి సాంద్రత పొడిగాలి సాంద్రత వలె 0.625 రెట్లు ఉంటుంది. అనగా గాలిలోని తేమ (ఆర్ధ్రతలో పెరుగుదల) దాని సాంద్రతను తగ్గిస్తుంది. కావున, ఆర్ధ్రత పెరిగినపుడు ధ్వని వేగము పెరుగుతుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 242 28-02-2023 13:30:36

సమీకరణము (11.30) నుండి

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

ρ_1, v_1 మరియు ρ_2, v_2 లను వరుసగా పొడి గాలి (dry air) మరియు తడి గాలి (moist air) లో సాంద్రత మరియు ధ్వని వేగంగా తీసుకొందాం అప్పుడు

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}}}{\sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}}} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \quad \text{అయితే} \quad \gamma_1 = \gamma_2 \text{ అయినపుడు}$$

P అనునది మొత్తం వాతావరణ పీడనము కనుక, డాల్టన్ పాక్షిక పీడన నియమము నుండి పై సమీకరణమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

ఇక్కడ p_1 మరియు p_2 అనునవి వరసగా పొడిగాలి మరియు నీటి ఆవిరి యొక్క పాక్షిక పీడనములు అప్పుడు

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

(ఊ) గాలి ప్రభావము:

గాలి వీచే దిశను బట్టి కూడా ధ్వని వేగము ప్రభావితమవుతుంది. అనగా ఏ దిశలో గాలి వీస్తుందో ఆ దిశలో ధ్వని వేగము పెరుగుతుంది. దీనికి భిన్నంగా గాలి వీచే దిశకు వ్యతిరేక దిశలో ధ్వని వేగం తగ్గుతుంది.

ఉదాహరణ 11.9

ఆక్సిజన్ మరియు నైట్రోజన్ సాంద్రతల నిష్పత్తి 16:14 అయితే 17°C వద్ద నైట్రోజన్ వాయువులో ధ్వని వేగము ఏ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఆక్సిజన్‌లో ధ్వని వేగమునకు సమానమవుతుందో లెక్కించండి.

సాధన

11.25 వ సమీకరణము నుండి

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \quad \text{కాని} \quad \rho = \frac{M}{V} \quad \text{కావున} \quad v = \sqrt{\frac{\gamma PV}{M}}$$

11.26 వ సమీకరణమును ఉపయోగించినపుడు

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

ఇక్కడ R అనునది విశ్వవాయు స్థిరాంకము మరియు M అనునది వాయువు యొక్క అణు ద్రవ్యరాశి. 17°C వద్ద నైట్రోజన్ వాయువులో ధ్వని వేగము.

$$v_N = \sqrt{\frac{\gamma R(273K + 17K)}{M_N}} = \sqrt{\frac{\gamma R(290K)}{M_N}} \qquad (1)$$

అదే విధముగా t ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఆక్సిజన్ వాయువులో ధ్వని వేగము

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

రెండు వాయువులకు γ విలువ సమానము అని ఇవ్వబడియున్నది. అనగా రెండు వాయువులలో ధ్వని వేగం సమానం కావాలి. కనుక సమీకరణము (1) మరియు (2) లను సమానం చేసి వ్రాయగా

$$v_O = v_N$$

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

రెండు వైపులా వర్గము చేసి మరియు γR పదమును తొలగించి పై సమీకరణమును పునరమరిక చేసి వ్రాయగా

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

ఆక్సిజన్ మరియు నైట్రోజన్ వాయువుల నిష్పత్తి 16:14 కనుక

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

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 243 28-02-2023 13:30:40

సమీకరణము 5 ను 3 లో ప్రతిక్షేపించగా

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

$$\Rightarrow \; t = 58.4\,^{\circ}\text{C}$$

11.5 ధ్వని తరంగముల పరావర్తనము (REFLECTION OF SOUND WAVES)

ధ్వని తరంగములు ఒక యానకము నుండి మరొక యానకమునకు ప్రసరించినపుడు క్రింది మార్పులు చోటు చేసుకొంటాయి.

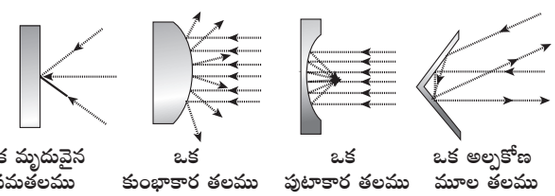
(అ) ధ్వని పరావర్తనము (**Reflection of sound**) : యానకము అత్యంత సాంద్రతను (అధిక ధృడమైనది) కలిగి ఉన్నట్లైతే ధ్వని అదే యానకములోకి పూర్తిగా పరావర్తనం (వెనుదిరుగును) చెందుతుంది.

(ఆ) ధ్వని వక్రీభవనము (**Refraction of sound**) ఒక యానకము నుండి మరొక యానకమునకు ధ్వని ప్రసారం జరిగేటపుడు రెండవ యానకములో జరిగే శోషణము (absorption) వలన కొంత శక్తి నష్టము జరుగుతుంది.

ఈ విభాగంలో కఠిన తలము (hard surface) పై పడినపుడు యానకములో ధ్వని తరంగముల పరావర్తనమును గురించి చర్చిద్దాం. ధ్వని తరంగములు కూడా పరావర్తన నియమములను పాటిస్తాయి.

పరావర్తన నియమములు

(i) ధ్వని యొక్క పతన కోణము (angle of incidence) దాని పరావర్తన కోణము (angle of reflection) నకు సమానంగా ఉంటుంది.



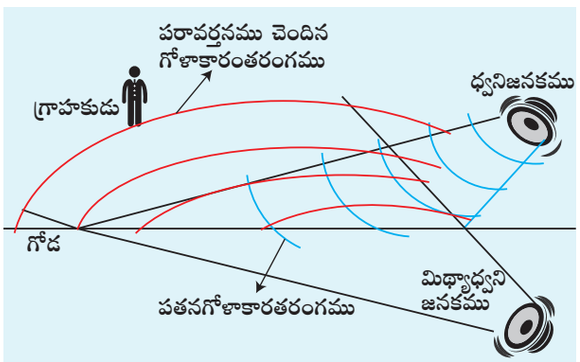
పటము 11.17 వేర్వేరు తలములపై ధ్వని పరావర్తనము

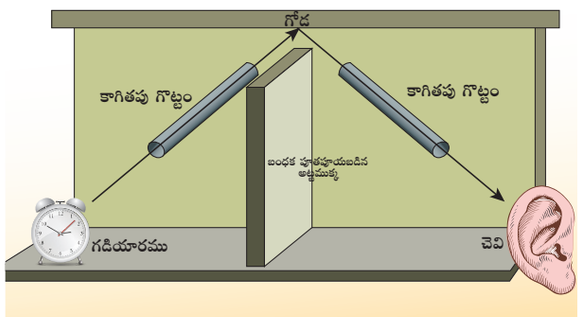
(ii) ఒక తలముచే ధ్వని తరంగము పరావర్తనము చెందించబడినపుడు పతన తరంగము పరావర్తన తరంగము మరియు పతన బిందువు వద్ద గీచిన అభిలంబము (normal line) అన్నియూ ఒకే తలముపై ఉంటాయి.

దర్పణము నుండి పరావర్తనం చెందిన కాంతి వలె ధ్వని కూడా కఠినమైన సమతలము నుండి పరావర్తనము చెందుతుంది. దీనిని దర్పణాభ లేదా ముకురాభ పరావర్తనం (**specular reflection**) అంటారు.

ధ్వని జనకము యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము పరావర్తన తలము యొక్క పరిమాణము కంటే తక్కువగా వున్నప్పుడు మరియు తలముపై గల ఎత్తు పల్లముల కంటే తక్కువగా ఉన్నప్పుడు మాత్రమే దర్పణాభ పరావర్తనము జరుగుతుంది.

11.5.1 సమతలము ద్వారా ధ్వని పరావర్తనము (Reflection of sound through the plane surface)

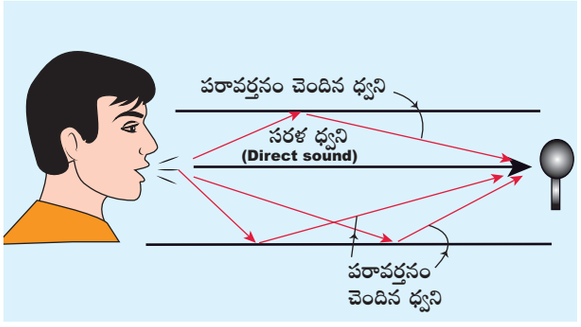




పటము 11.18 సమతలము ద్వారా ధ్వని పరావర్తనము

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 244 28-02-2023 13:30:41

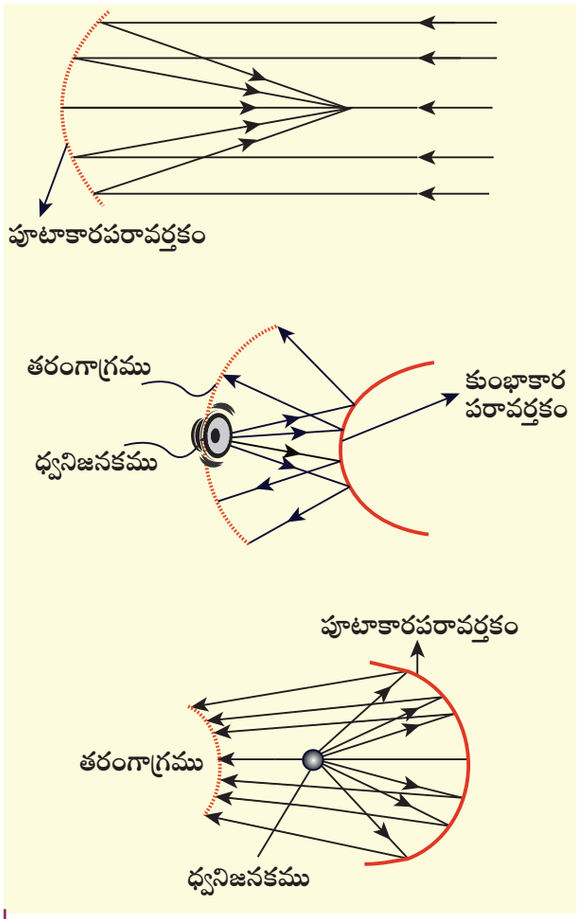
ధ్వని తరంగము ఒక సమతల గోడను ఢీకొన్నప్పుడు ఇది కాంతి వలె వెనుదిరుగుతుంది. గోడ (సమతలము) పరంగా కొంత కోణముతో ఒక లౌడ్ స్పీకర్‌ను ఉంచినపుడు ధ్వని జనకము (బిందు జనకము అనుకొందాం) నుండి వెలువడు తరంగాలను గోళాకార తరంగాగ్రములు (spherical wave fronts) గా ఉంటాయి. అనగా సంపీడనములు గోళాకార తరంగా గ్రములుగా కదులుతాయి. కావున సమతలము నుండి పరావర్తనం చెందిన తరంగాగ్రము (wave front) కూడా గోళాకారముగానే ఉంటుంది. అప్పుడు దాని వక్రతా కేంద్రము (centre of curvature) ఏదైతే సమతలమునకు మరొక వైపు ఉంటుందో దానిని ధ్వని జనకంగా గుర్తించాలి. ఇది ధ్వని జనకము యొక్క మిథ్యా (virtual) లేదా ఊహాజనిత (imaginary) లౌడ్ స్పీకర్ అవుతుంది. ఇది పటము (11.18) మరియు (11.19) లో చూపబడియున్నది.



పటము 11.19 వాస్తవిక పరిస్థితులలో ధ్వని పరావర్తనమునకు చెందిన సాధారణ ఉదాహరణలు

11.5.2 వక్రతలము (curved surface) ద్వారా ధ్వని పరావర్తనము (Reflection of sound through the curved surface)

కుంభాకార (convex) లేదా పుటాకార (concave) లేదా సమతల (plane) ఉపరితలముపై ధ్వని పరావర్తనము చెందినపుడు దాని స్వభావములో మార్పు కలుగుతుంది. కుంభాకార తలముపై ధ్వని పరావర్తనము చెందినపుడు అది అన్ని దిశలా వ్యాపిస్తుంది. కావున వాటి శక్తి సులభంగా క్షీణించి బలహీనపడుతుంది. అదే ధ్వని తరంగములు పుటాకార తలముపై పరావర్తనము చెందినపుడు అది ఒక బిందువు వద్ద కేంద్రీకరింపబడి (converge)



పటము 11.20 వక్రతలము ద్వారా ధ్వని పరావర్తనం

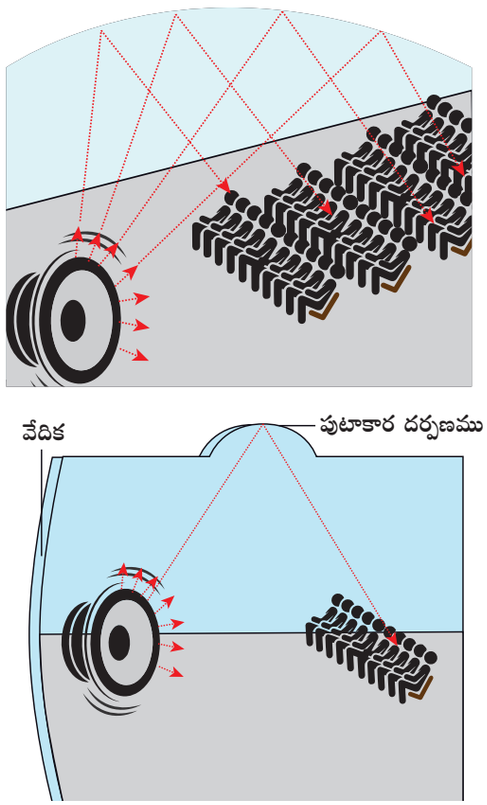
అవి సులభంగా వృద్ధీకరించబడుతాయి. (amplified) పరావలయ పరావర్తకము (parabolic reflector) లేదా వక్రతల పరావర్తకము (curved reflector) ను ఉపయోగించి ధ్వని తరంగములను ఖచ్చితంగా ఒక బిందువు వద్ద కేంద్రీకరించడానికి ఉపయోగిస్తారు. వీటికి అధిక దిశాతత్వం (high directional) కలిగిన మైక్రోఫోన్‌లుగా పిలువబడు పరావలయ మైక్ (parabolic mic) ల నిర్మాణంలో వినియోగిస్తారు.

ఎటువంటి ఉపరితలము (మృదు లేదా కఠిన) అయిననూ అవి ధ్వనిని శోషిస్తాయని తెలుసుకొన్నాము. ఉదాహరణకు ఒక పెద్ద భవనము లేదా ఆడిటోరియము (కళా మందిరము) లేదా సినిమా థియోటర్‌లలో ఉత్పత్తి అయిన ధ్వని ఆ భవనములోని నేల, గోడ, పై కప్పు మరియు కుర్చీలచే అధిక మొత్తంలో శోషించబడుతుంది. ఈ

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 245 28-02-2023 13:30:42

నష్టాన్ని నివారించుటకు స్పీకర్‌కు ముందువైపు ఒక వక్రతల ధ్వని పటలము (sound board) లేదా పుటాకార ధ్వని పటలము (concave board) ను ఉంచుతారు. దీని వలన పటలము స్పీకర్ నుండి వెలువడు ధ్వని తరంగాలును ప్రేక్షకుల (audience) వైపు పరావర్తనం చెందిస్తుంది.

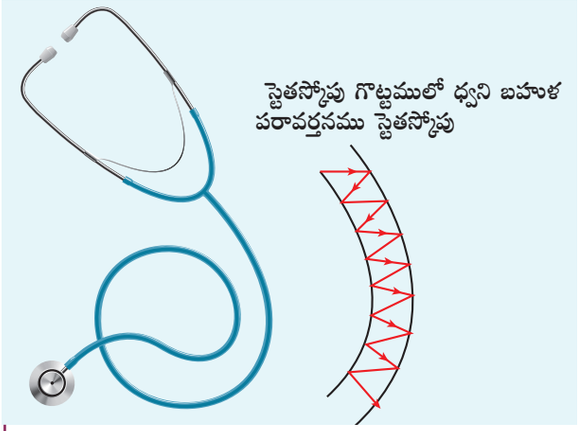
ఈ పద్ధతి ధ్వని తరంగములు గదిలో వీలైనన్ని దిశలలో వ్యాప్తి చెందుటను తగ్గించి గది మొత్తం సమానంగా విస్తరించేటట్లు చేస్తుంది. కావున వ్యక్తి గదిలో ఏ దిశ వెంబడి కూర్చొన్నప్పటికీ ఎటువంటి అలజడి లేకుండా స్పష్టంగా వినగలుగుతాడు.



పటము 11.21 పెద్ద కళావేదికలో ధ్వని

11.5.3 ధ్వని తరంగ పరావర్తనము యొక్క అనువర్తనములు (Applications of reflection of sound waves)

(అ) **స్టెతస్కోపు:** ఇది బహుళ పరావర్తన నియమము (multiple reflections principle) పై ఆధారపడి పనిచేస్తుంది.



పటము 11.22 స్టెతస్కోపు మరియు రబ్బరు గొట్టములో హృదయ స్పందనల బహుళ పరావర్తనము.

స్టెతస్కోపు మూడు ముఖ్యమైన భాగములను కలిగివుంటుంది

అవి:

(i) హృదయముపై ఉంచు భాగము (Chest piece)

(ii) చెవిలో ఉంచు భాగము (Ear piece)

(iii) రబ్బరు గొట్టము (Rubber tube)

(i) హృదయముపై ఉంచు భాగము (Chest piece): ఇందులో ఒక చిన్న పళ్ళెము ఆకారములోని అనునాదకం (Resonator) లేదా విభాజన పటలము (diaphragm) ఉంటుంది. ఇది శోధించిన ధ్వనికి చాలా సున్నితంగా ఉండి ధ్వనిని వృద్ధీకరిస్తుంది.

(ii) చెవిలో ఉంచు భాగము **(Ear piece):** ఇది హృదయముపై ఉంచు భాగముచే శోషించబడిన ధ్వనిని వినడానికి ఉపయోగించు భాగము దీనిని లోహపు గొట్టముచే తయారుచేస్తారు.

(iii) రబ్బరు గొట్టము **(Rubber tube):** ఇది హృదయముపై ఉంచు భాగము మరియు చెవిలో ఉంచుకొను భాగము రెండింటిని సంధానిస్తుంది. విభాజక పటలముచే శోధించబడిన ధ్వని స్పందనలను చెవిలో ఉంచుకొను భాగానికి ప్రసరింపజేయుటకు ఇది ఉపయోగపడుతుంది. హృదయ స్పందనల శబ్దము లేదా ఊపిరితిత్తుల నుండి వెలువడే ధ్వని లేదా శరీరంలో అంతర అవయవాల నుండి వెలువడే ధ్వనిని ఇది శోషించి బహుళ పరావర్తన నియమము ద్వారా ఈ గొట్టము చెవిలో ఉంచు పరికరమును చేర్చుతుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 246 28-02-2023 13:30:42

గమనిక శాస్త్రవేత్తల గణన ప్రకారం మనము రెండు ధ్వని తరంగములను స్పష్టంగా వినడానికి ఉండవలసిన అతి తక్కువ కాల వ్యవధి ఒక సెకనులో $\frac{1}{10}$ వ వంతు అనగా 0.1 సెకను దీనినే శ్రావ్య స్థిరత అంటారు.

$$\text{వేగము} = \frac{\text{ప్రయాణించిన దూరము}}{\text{తీసుకొన్న కాలము}} = \frac{2d}{t}$$

$2d = 344 \times 0.1 = 34.4$ మీ

$d = 17.2$ మీ

20°C ఉష్ణోగ్రత వద్ద ప్రతి ధ్వని (echo) ని వినడానికి పరావర్తనం చెందవలసిన గోడ (తలము) ధ్వని జనకము నుండి కనీసం 17.2 మీ దూరంలో ఉండాలి.

(ఆ) ప్రతిధ్వని (Echo) : గోడ, కొండ లేదా ఇతర అవరోధ తలముల నుండి ధ్వని తరంగములు పరావర్తనం చెందుట వలన ధ్వని పునరావృతం కావడాన్ని ప్రతిధ్వని అంటారు. 20°C వద్ద గాలిలో ధ్వని వేగము 344 $m\,s^{-1}$ 344 మీ దూరంలో ఉన్న ఒక గోడవైపుగా మనము అరచినపుడు అది ఆ గోడను 1 సెకను కాలంలో చేరుతుంది. పరావర్తనం చెందిన తర్వాత మనలను చేరడానికి మరొక సెకను కాలము పడుతుంది. కావున మనము ప్రతి ధ్వనిని రెండు సెకనుల తర్వాత వింటాము.

(ఇ) సోనార్ (SONAR) : నీటి లోపల ఉన్న వస్తువుల స్థితి లేదా కదలికను ధ్వని తరంగముల పరావర్తనం ద్వారా కనుగొనే వ్యవస్థను సోనార్ అంటారు. అదే విధంగా డాల్ఫిన్ మరియు గబ్బిలాలు చీకటిలో తమ దారిని వెతకడానికి సోనార్ నియమమును ఉపయోగించుకొంటాయి..

(ఈ) ప్రతి నాదము (Reverberation) : మూసి ఉంచబడిన ఒక గదిలో ధ్వని నిరంతరముగా గోడలపై పరావర్తనము చెందునపుడు, ధ్వని జనకము ధ్వనిని ఉత్పత్తి చేయడం నిలిపివేసినప్పటికీ మనకు ధ్వని వినబడుతూనే (శబ్ద గ్రాహ్యత) ఉంటుంది. అంటే గది లోపల మిగిలిన ధ్వని మరియు ధ్వని బహుళ పరావర్తనముల దృగ్విషయమును ప్రతినాదం అంటారు. ధ్వని గ్రాహ్యత లేక స్థిరత ఉన్న కాలవ్యవధిని ప్రతినాద కాలం (Reverberation time) అంటారు. ఒక గదిలో మనము వినే ధ్వని నాణ్యతను ప్రతినాద కాలం ప్రభావితం చేస్తుంది అనే అంశాన్ని ఇక్కడ గుర్తించాలి. కనుక గదులను అవసరమైనంత పరిమాణములో ప్రతినాద కాలము ఉండునట్లు నిర్మించాలి.

ఉదాహరణ 11.10

ఒక వ్యక్తి కొండ శిఖరము నుండి నిర్ధిష్ట దూరములో నిలుచుకొని తప్పట్లు తట్టాడు. 4 సెకనుల తర్వాత కొండ శిఖరముపై నుండి వచ్చిన తప్పట్ల చప్పుడు యొక్క ప్రతి ధ్వనిని వింటాడు. అయితే వ్యక్తికి మరియు కొండ శిఖరమునకు మధ్యగల దూరమును లెక్కించండి. ధ్వని వేగము = 343 మీ $సె^{-1}$ అనుకొనండి.

సాధన : ప్రతి ధ్వనిగా వెనుదిరుగుటకు పట్టే కాలము $2t = 4 \Rightarrow t = 2$ s

$\therefore$ దూరము $d = vt = (343\ \text{మీ}\,సె^{-1})\,(2\ సె) = 686$ మీ

గమనిక : ధ్వని తరంగముల వర్గీకరణ : ధ్వని తరంగముల పౌన:పున్యము ఆధారంగా వాటిని మూడు రకాలుగా వర్గీకరించిరి. అవి:

(1) పరశ్రావ్య ధ్వని తరంగములు *(Infrasonic waves):*

20 Hz కంటే తక్కువ పౌన:పున్యం కలిగిన ధ్వని తరంగాలను పరశ్రావ్య ధ్వని తరంగాలు అంటారు. ఇవి భూకంపములు ఏర్పడినపుడు ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఈ పౌన:పున్యం పరిమితిలో గల ధ్వని తరంగాలను మానవులు వినలేరు. కాని పాములు ఈ పరశ్రావ్య ధ్వని తరంగాలను వింటాయి.

(2) శ్రావ్య ధ్వని తరంగాలు *(Audible waves):*

20 నుండి 20,000 Hz (20kHz) మధ్య పౌన:పున్యమును కలిగిన ధ్వని తరంగములను శ్రావ్యధ్వని తరంగములు

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 247 28-02-2023 13:30:42

అంటారు. ఈ ధ్వని తరంగములను మానవులు వినగలరు..

(3) **అతిధ్వని తరంగములు (*Ultrasonic waves*):**
20kHz కంటే ఎక్కువ పౌన:పున్యం కలిగిన ధ్వని తరంగములకు అతి ధ్వని తరంగములు అంటారు. ఈ పౌన:పున్యం ధ్వని తరంగములను కూడా మానవులు వినలేరు. గబ్బిలములు (20kHz) ఇటువంటి ధ్వని తరంగములను ఉత్పత్తి చేయగలవు మరియు వినగలవు.

మీకు తెలుసా?

(1) అతిధ్వనిక వేగము (Supersonic speed) : ఒక వస్తువు ధ్వని వేగము కంటే అధిక వేగముతో పయనించినట్లయితే దానిని అతి ధ్వనిక వేగముతో పయనిస్తుందని అంటారు.

(2) మాక్ సంఖ్య (Mach number) : ధ్వని జనక వేగమునకు మరియు ధ్వని వేగమునకు మధ్య గల నిష్పత్తిని మాక్ సంఖ్య అంటారు.

$$\text{మాక్ సంఖ్య} = \frac{\text{ధ్వని జనక వేగము}}{\text{ధ్వని వేగము}}$$

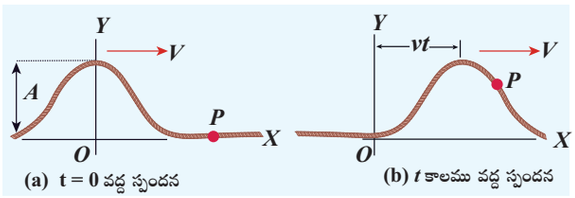
11.6 పురోగామి తరంగాలు లేదా చలించు తరంగములు (PROGRESSIVE WAVES (OR) TRAVELLING WAVES)

ఒక తరంగము యానకములో అవిచ్ఛిన్నంగా (continuous) ముందుకు సాగినట్లైతే ఆ తరంగమును పురోగామి తరంగములు లేదా చలించు తరంగములు అంటారు.

11.6.1 పురోగామి తరంగముల లక్షణములు:

1. యానకములోని కణములు వాటి సమతాస్థితి నుండి స్థిర కంపన పరిమితితో కంపిస్తాయి.
2. ప్రతి కణము యొక్క దశ (phase) యొక్క వ్యాప్తి 0 నుండి 2π వరకు వుంటుంది.
3. ఒక్క కణము కూడా శాశ్వతముగా విరామ స్థితికి రాదు. తరంగ ప్రసారం జరిగేటప్పుడు అంత్య బిందువు (extreme points) వద్ద మాత్రమే రెండు సార్లు కణములు విరామ స్థితి లేదా నిశ్చల స్థితికి వస్తాయి.
4. తిర్యక్ పురోగామి తరంగాలు శృంగము మరియు ద్రోణిగానూ మరియు అనుదైర్ఘ్య పురోగామి తరంగాలు సంపీడనములు మరియు విరళీకరణములుగానూ ప్రసరిస్తాయి.
5. సమతాస్థితి నుండి వెళ్ళే కణములు ఎల్లప్పుడు ఒకే విధమైన గరిష్ట వేగముతో చలిస్తాయి
6. $n\lambda$ దూరములో (ఇక్కడ n ఒక పూర్ణసంఖ్య మరియు λ తరంగధైర్ఘ్యము) విభజించబడిన కణముల స్థానభ్రంశం (displacement), దిశావేగము (velocity), మరియు త్వరణము (acceleration) సమానంగా ఉంటుంది.

11.6.2 సమతల పురోగామి తరంగమునకు సమీకరణము



పటము 11.23 $t = 0$ మరియు t కాలము వద్ద v వేగముతో చలిస్తున్న తరంగ స్పందనలు

$t = 0$ సెకనుల వద్ద సాగదీయబడిన ఒక తీగను ఉన్నట్లుండి కుదిపినపుడు పటము 11.23 (అ) లో చూపిన విధంగా ఈ అలజడి వలన స్థిరవేగం v తో ధన x–అక్షం వైపుగా ఒక తరంగ స్పందన సృష్టించబడినది అనుకొందాము.

ఈ తరంగ స్పందన యొక్క రూపమును $t = 0$ సెకనుల వద్ద గణితాత్మకంగా క్రింది విధంగా తెలుపవచ్చును. $y = y(x, 0) = f(x)$ తరంగ ప్రసారం జరిగే సమయంలో తరంగ స్పందన యొక్క ఆకారం ఒకే విధంగా ఉన్నది అనుకొందాము. t సెకనుల తర్వాత పటం 11.23 (ఆ) లో చూపిన విధంగా తరంగ స్పందన కుడివైపుగా చలించింది మరియు దానిపై ఏదేని బిందువును x' (దానిని x అని చదవాలీ) గా గుర్తించబడినది.

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 248 28-02-2023 13:30:43

అదే విధంగా తరంగస్పందన v స్థిర వేగంతో ఎడమవైపుగా చలించినప్పుడు $y = f(x + vt)$ అవుతుంది. రెండు తరంగాలు $y = f(x + vt)$ మరియు $y = f(x - vt)$ లు ఏకమితీయ అవకలన సమీకరణము (one dimensional differential equations) ను సంతృప్త పరుస్తుంది. దీనినే "తరంగ సమీకరణం" అంటారు.

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

ఇందులో ∂ అనునది పాక్షిక అవకలనమును సూచించును. ($\frac{\partial y}{\partial x}$ అనునది పాక్షిక y ను పాక్షిక x చే అని చదవాలి). పైన తెలిపిన అవకలన సమీకరణాల అన్నీ రకాల సాధనలు తరంగమును తెలియజేయుటకు సంతృప్తికరంగా ఉండును. ఎందుకంటే ఏ ఒక్క అంగీకరించబడిన తరంగం కూడా పరిమితమైన విలువలను అన్నీ x మరియు t కు పొందవలెను కాని ఈ ప్రమేయంలో ఒక తరంగమును తెలియజేసినందువలన అది అవకలన సమీకరణమును సంతృప్తి పరచాలి. ఏకమితీయ (ఏక స్వతంత్ర్య చరరాశి – one independent variable) పరిమాణంలో x–అక్షం పరంగా పాక్షిక సమీకరణము x నిరూపకాక్షంలోని మొత్తం ఉత్పన్నమునకు సమానంగా ఉంటుంది. అనగా

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

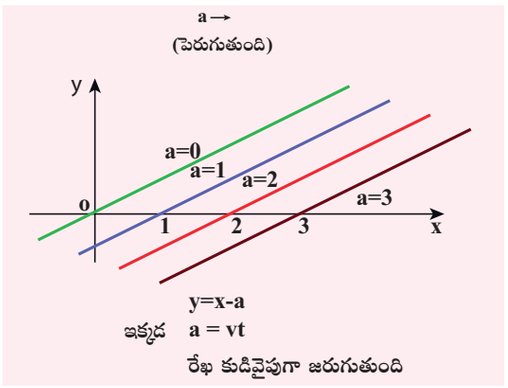
దీనిని ఒకటి కంటే ఎక్కువ మితులు కలిగిన పరిమాణము (రెండు, మూడు, మొ॥) లకు కూడా రాయవచ్చును. సరళం కొరకు మనం ఏకమితీయ తరంగ సమీకరణం పైనే దృష్టిని సారిద్దాం.

ఉదాహరణ 11.11

వేరు వేరు a విలువలకు $y = x - a$ రేఖను చిత్రీకరించండి.

సాధన

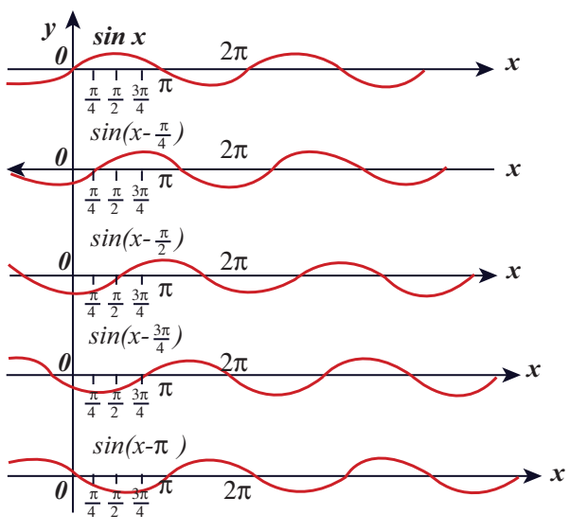
ఇచ్చిన దత్తాంశం ప్రకారం a విలువ పెరుగుతూ పోయే కొలది రేఖ కుడివైపుకు జరుగుతుంది. $a = vt$, $y = x - vt$ లకు అవకలన సమీకరణం సంతృప్తి చెందుతుంది. ఈ ప్రమేయం అవకలన సమీకరణమును సంతృప్తి పరిచినప్పటికీ అది అన్నీ x మరియు t విలువలకు పరిమితం (finite) కాదు. కావున ఇది ఒక తరంగమును సూచించదు.



ఉదాహరణ 11.12

$y = \sin(x - a)$ అను తరంగం $a = 0, a = \frac{\pi}{4}, a = \frac{\pi}{2}, a = \frac{3\pi}{2}$ మరియు $a = \pi$ విలువలకు ఏ విధంగా ఉండునని తరంగ రేఖా చిత్రముల ద్వారా తెలుపుము.

సాధన



పై పటం $a = 0, a = \frac{\pi}{4}, a = \frac{\pi}{2}, a = \frac{3\pi}{2}$ మరియు $a = \pi$ అను విలువలను $y = \sin(x - a)$ అనే ప్రమేయమునకు గీయబడినది అని తెలియచున్నది. ప్రమేయం $y = \sin(x - a)$ కుడివైపుగా జరుతున్నది. దీని తర్వాత $a = vt$ మరియు $v = \frac{\pi}{4}$ లను

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 249 28-02-2023 13:30:44

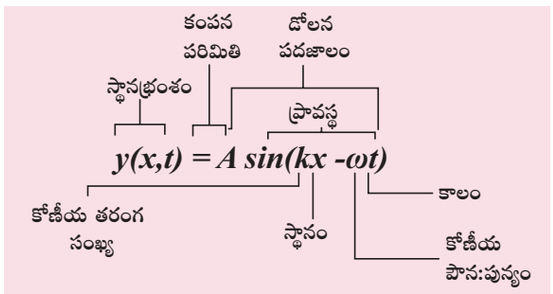
తీసుకొని $t = 0$ సెకనులు $t = 1$ సెకనులు $t = 2$ సెకనులు మొదలగు కాలములకు తరంగమును గీచిన $y = \sin(x-vt)$ మరొక మారు కుడివైపుగా జరుగుటను మనం పరిశీలించవచ్చును. కావున $y = \sin(x-vt)$ అనునది ఒక చలన లేదా పురోగామి తరంగం అనియు అది కుడివైపుగా చలిస్తున్నది అని తెలియుచున్నది. ఏదైనా ఒక అనియత ప్రమేయం (Arbitrary function) $y = f(x-vt)$ రకం ఖచ్చితంగా కుడివైపుగా చలించే లక్షణాన్ని కలిగి ఉంటుంది. అదే విధంగా $y = f(x+vt)$ అనే అనియత ప్రమేయ రకం ఖచ్చితంగా ఎడమవైపు చలించే లక్షణాన్ని కలిగి వుంటుంది.

ఉదాహరణ 11.13

$y = \sin(x-vt)$ అనే తరంగం యొక్క మితి (పరిమాణము) ని పరిశీలించండి. ఇది మితిపరంగా సరికానప్పుడు పై సమీకరణాన్ని సవరించి రాయండి.

సాధన

మితిపరంగా పై సమీకరణం సరికాదు. $y = \sin(x-vt)$ అనునది ఒక మితిరహిత రాశిగా మనకు తెలుసు కానీ $x-vt$ మితి కలదు. సరైన సమీకరణం ఏమనగా $y = \sin(k\,x-\omega t)$ ఇందులో k మరియు ω లు వరుసగా పొడవు యొక్క విలోమం మరియు కాలం యొక్క విలోమ మితులను కలిగియున్నది. సైన్ మరియు కొసైన్ ప్రమేయాలు 2π ఆవర్తనం కలిగిన రెండు ఆవర్తన ప్రమేయాలు కావున $y = \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t\right)$ అనునది సరయైన సమీకరణం ఇందులో λ మరియు T లు వరుసగా తరంగధైర్ఘ్యం మరియు ఆవర్తన కాలం. సాధారణంగా $y(x,t)=A\sin(k\,x-\omega t)$ అవుతుంది.



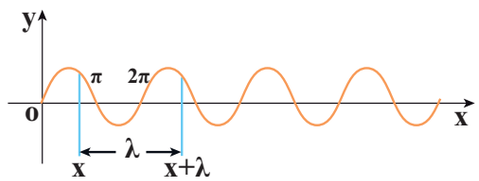
11.6.3 తరంగం యొక్క రేఖాచిత్ర పట వివరణ (Graphical representation of the wave)

తరంగంలో వచ్చే మార్పును రెండు రూపాలలో రేఖా చిత్రపటం ద్వారా వర్ణించవచ్చును.

(అ) అంతరాళ పరివర్తన రేఖాచిత్రం (Space (or Spatial) variation graph)

(ఆ) కాల పరివర్తన రేఖాచిత్రం (Time (or Temporal) variation graph)

(అ) అంతరాళ పరివర్తన రేఖాచిత్రం



పటము 11.24 $y = A\sin(kx)$ అనే సైనుసాయిడల్ ప్రమేయపు రేఖాచిత్రం

కాలమును స్థిరంగా ఉంచి x-పరంగా స్థానభ్రంశములోని మార్పును రేఖాచిత్రంలో గీయబడినది. పటం 11.24 లో చూపిన విధంగా $y = A\sin(kx)$ అను ఒక సైనుసాయిడల్ రేఖాచిత్రమును పరిగణిద్దాం. ఇందులో k = ఒక స్థిరాంకం λ అనేది ఏదైనా రెండు బిందువుల మధ్య దూరమును (ఒకే స్థితిలోని తరంగ చలనం) తెలియజేస్తుంది. స్థానభ్రంశం y రెండు కొనల వద్ద సమానం కావున $y = x$ మరియు $y = x + \lambda$

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

sin ప్రమేయం 2π ఆవర్తనమును కలిగిన ఒక ఆవర్తన ప్రమేయం కావున

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

(11.38) మరియు (11.39) సమీకరణాలను పోల్చగా

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

$$\text{అనగా } k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ రేడియన్ మీ}^{-1} \quad (11.40)$$

ఇక్కడ, π ను "తరంగ సంఖ్య" అంటారు. ఇది 2π రేడియన్‌లో గల తరంగధైర్ఘ్యముల సంఖ్యను తెలియజేస్తుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 250 28-02-2023 13:30:45

తరంగం యొక్క అంతరాళ ఆవర్తనం

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

కానీ $t = 0$ సెకనుల వద్ద $y(x, 0) = y(x + \lambda, 0)$

ఏదైనా కాలం (t) వద్ద $y(x, t) = y(x + \lambda, t)$

ఉదాహరణ 11.14

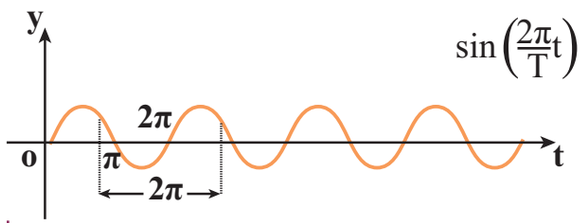
రెండు సైన్ తరంగముల తరంగ ధైర్ఘ్యములు వరుసగా $\lambda_1 = 1$ మీ మరియు $\lambda_2 = 6$ మీ. అయితే వాటికి సంబంధిత తరంగ సంఖ్యలను లెక్కించండి.

సాధన

$$k_1 = \frac{2\neq}{1} = 6.28 \text{ రేడియన్ మీ}^{-1}$$

$$k_2 = \frac{2\neq}{6} = 1.05 \text{ రేడియన్ మీ}^{-1}$$

(ఆ) కాల పరివర్తన రేఖా చిత్రము



పటము 11.25 $y = A \sin(\omega t)$ అనే సైనుసాయిడల్ ప్రమేయపు రేఖాచిత్రము

స్థానమును స్థిరముగా ఉంచి, కాలము పరంగా స్థానభ్రంశములో కలిగిన మార్పు రేఖాచిత్రములో గీయబడినది. పటము (11.25) లో చూపిన విధముగా $y = A \sin(\omega t)$ అను ఒక సైనుసాయిడల్ రేఖా చిత్రమును పరిగణిద్దాం. ఇందులో ω అనునది తరంగము యొక్క కోణీయ పౌనఃపున్యము. కోణీయ పౌనఃపున్యము అనునది ఇచ్చిన కాలములో తరంగము ఎంత త్వరగా డోలనాలు చేస్తుంది. (లేదా) అది ఒక సెకనులో ఎన్నీ భ్రమణములు చేస్తుంది, అనే అంశమును లెక్కిస్తుంది.

ఆవర్తన కాలము లేదా తత్కాల ఆవర్తనము (temporal periodicity) ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

కోణీయ పౌనఃపున్యము అనునది $\omega = 2\pi f$ అనే సమీకరణము చేత పౌనఃపున్యము fతో సంబంధమును కలిగియున్నది .ఒక సెకను కాలములో యానకపు కణము చేసే డోలనముల సంఖ్యను పౌనఃపున్యము f అని నిర్వచించవచ్చు. పౌనఃపున్యము యొక్క విలోమమును ఆవర్తన కాలము అంటారు. దీని నుండి

$$T = \frac{1}{f} \text{ సెకనులలో}$$

ఈ కాలమును యానకపు కణము ఒక పూర్తి డోలనమును చేయడానికి పట్టే కాలముగా చెప్పవచ్చు. దీని నుండి ఒక సెకను కాలములో తరంగము ప్రయాణించిన దూరమును తరంగ వేగము (v) అని నిర్వచించవచ్చు.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \text{ మీ సె}^{-1}$$

పై సమీకరణము (11.14) లో మనము పొందిన సమీకరణమునకు సమానం.

11.6.4 కణ వేగము మరియు తరంగ వేగము (Particle velocity and wave velocity)

ఒక సమతల పురోగామి హరాత్మక తరంగము (plane progressive harmonic wave) లో యానకము నందలి కణములు వాటి సమతాస్థితి నుండి సరళ హరాత్మకంగా (simple harmonically) డోలనములు (oscillate) చేస్తాయి. కణము చలనములో ఉన్నప్పుడు, ఏదేని క్షణములో స్థానభ్రంశములోని మార్పు రేటును ఆ క్షణము వద్ద కణము యొక్క వేగము (velocity) అని నిర్వచిస్తారు. దీనినే కణవేగము అని అంటారు.

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

కాని $y(x, t) = A \sin(k x - \omega t)$ (11.42)

కావున, $\frac{dy}{dt} = -\omega A \cos(k x - \omega t)$ (11.43)

అదే విధముగా పురోగామి లేదా చలన తరంగము యొక్క వేగము (ఇక్కడ వడి speed) ను నిర్వచిద్దాం. పురోగామి తరంగముల వేగమును నిర్ణయించుటకు పటము 11.23 లో కుడివైపుగా చలిస్తున్న ఒక పురోగామి తరంగమును తీసుకొందాం. దీనిని

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 251 28-02-2023 13:30:47

గణితాత్మకముగా ఒక సైనుసాయిడల్ తరంగముగా తెలుపుతాము. తరంగము యొక్క దశపై ఏదేని ఒక బిందువును P అని తరంగం సమతాస్థితి పరంగా స్థానభ్రంశమును y_p అని అనుకొందాం. ఏదేని క్షణము t వద్ద తరంగ స్థానభ్రంశము

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

తరువాతి క్షణము t' వద్ద $t' = t + \Delta t$ మరియు P వద్ద స్థానము $x' = x + \Delta x$ అవుతుంది. కావున ఈ క్షణము వద్ద తరంగ స్థానభ్రంశము

$$y = y(x', t') = y(x + \Delta x, t + \Delta t)$$
$$= A \sin[k (x + \Delta x) - \omega (t + \Delta t)] \quad (11.44)$$

తరంగము యొక్క ఆకారము ఒకే విధముగా ఉన్నది. అనగా తరంగము యొక్క దశ కూడా ఒకే విధముగా ఉన్నదని అర్థము. (అదే బిందువు యొక్క స్థానభ్రంశము-y స్థిరాంకము) కనుక సమీకరణం (11.42) మరియు (11.44) ను సమానం చేసి వ్రాయగా

$$y(x',t') = y(x,t),$$
$$A \sin[k (x + \Delta x) - \omega (t + \Delta t)] = A \sin(k x - \omega t)$$

లేదా

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

11.45 వ సమీకరణమును సూక్ష్మీకరించగా

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

ఇందులో v_p ను తరంగ వేగము లేదా దశవేగము (phase velocity) అని అంటారు.

పై సమీకరణాల నుండి కోణీయ పౌనఃపున్యము, తరంగ సంఖ్య మరియు వేగములను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

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

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

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

ఉదాహరణ 11.15

ఒక మొబైల్ ఫోన్ టవర్ 900MHz పౌనఃపున్యము కలిగిన తరంగ సంజ్ఞలను ప్రసారం చేస్తుంది. అయితే మొబైల్ ఫోన్ టవర్ నుండి ప్రసారమైన తరంగము యొక్క పొడవును లెక్కించండి.

సాధన

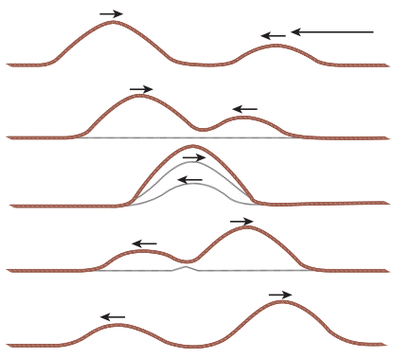
పౌనఃపున్యము, $f = 900\,MHz = 900 \times 10^6\,Hz$

తరంగ వేగం $c = 3 \times 10^8$ మీసె$^{-1}$

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

11.7 అధ్యారోపణ నియమము (SUPERPOSITION PRINCIPLE)

ఒక కొన వద్ద బిగించబడి సాగదీసిన తీగను కుదిపినపుడు అందులో తరంగ స్పందనలు ఉత్పత్తి అయ్యి అవి తీగ ద్వారా ప్రయాణిస్తాయి. ఒక వేళ రెండు వైపులా ఇద్దరు వ్యక్తులు తీగ కొనలను పట్టుకొని ఏక కాలములో కుదిపినపుడు తరంగ స్పందనలు ఎదురెదురు వ్యక్తుల వైపుగా ప్రయాణిస్తాయి. అలా ప్రయాణించిన తరంగములు ఒక బిందువు వద్ద కలుసుకొని తరువాత తమ వాస్తవ స్థానమునకు వెనుదిరుగుతాయి. ఈ తరంగాలు ఒకదానికొకటి కలిసే స్థానము వద్ద వాటి స్వభావము వేర్వేరుగా వుంటుంది. ఈ స్వభావము ఆ తరంగ స్పందనల ఒకే రకమైన లేక వేర్వేరు ఆకారములపై (పటము 11.26 లో చూపినట్లు) ఆధారపడి ఉంటుంది.



పటము 11.26 రెండు తరంగముల అధ్యారోపణము

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 252 28-02-2023 13:30:49

తరంగ స్పందనలు కలిసే స్థానము లేదా ఒకదానికొకటి దాటి వెళ్ళు స్థానము వద్ద ఒకే రకమైన ఆకారమును కలిగి ఉన్నప్పుడు వాటి ఫలిత స్థానభ్రంశము వాటి విడి విడి స్థానభ్రంశముల బీజీయ మొత్తమునకు సమానమవుతుంది. అంతేకాక వాటి విడి విడి కంపన పరిమితి కంటే నికర కంపన పరిమితి ఎక్కువగా ఉంటుంది. అదే సమయములో రెండు తరంగ స్పందనల కంపన పరిమితి సమానముగా ఉండి, అవి దాటి వెళ్ళు బిందువు వద్ద ఆకారము 180° దశలో ఉన్నట్లయితే ఆ బిందువు వద్ద వాటి కంపన పరిమితి పూర్తిగా అదృశ్యమవుతుంది. ఆ బిందువును దాటి వెళ్ళిన తరువాత తిరిగి వాటి ఆనవాలును పొందుతాయి. ఇటువంటి అసాధరణమైన ధర్మమును తరంగములు మాత్రమే కలిగి ఉంటాయి మరియు ఈ ధర్మమునే తరంగ అధ్యారోపణము (*superposition of waves*) అని అంటారు. ఈ ధర్మము తరంగములు ఒకదానితో మరొకటి అతిపాతం (overlap) చెందినపుడు వాటి నికర స్వభావమును వివరించును.

ఈ ధర్మమును ఎన్ని తరంగములకైననూ సాధారణీకరించవచ్చును. అనగా రెండు అంతకంటే ఎక్కువ తరంగములు ఒకే సమయములో ఒక యానకములో ప్రసరిస్తూ ఒకదానితో మరొకటి అతిపాతం చెందినది అనుకొందాం. అప్పుడు ఫలిత స్థానభ్రంశము వాటిని విడి విడి స్థానభ్రంశముల సదిశా సంకలనము (vector sum) నకు సమానమవుతుంది. తరంగములు తరంగ సమీకరణమును తృప్తి పరుస్తాయని మనకు తెలుసు. ఈ సమీకరణము స్థల నిరూపకాక్షము మరియు కాలము రెండింటిలో గల రేఖీయ ద్వితీయ శ్రేణి సమజాత పాక్షిక అవకలన సమీకరణము (linear second order homogeneous partial differential equation) గా ఉంటుంది. కనుక వీటి సరేఖీయ సమ్మేళనము (తరంగ రేఖీయ అధ్యారోపణం అని కూడా పిలుస్తారు) కూడా అదే అవకలన సమీకరణమును తృప్తి పరుస్తుంది.

దీనిని గణితాత్మకంగా అర్థం చేసుకొనుటకు రెండు ప్రమేయములను తీసుకొందాం. ఇది తరంగ స్థానభ్రంశ లక్షణములను కలిగనవిగా ఉండాలి, ఉదాహరణకు:

$$y_1 = A_1 \sin(kx - \omega t) \text{ మరియు}$$

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

y_1 మరియు y_2 లు తరంగ సమీకరణమును (తరంగ సమీకరణ సాధనము) తృప్తి పరుస్తాయి కనుక వాటి బీజీయ మొత్తము

$$y = y_1 + y_2$$

పై సమీకరణము కూడా తరంగ సమీకరణమును తృప్తి పరుస్తుంది. అనగా స్థానభ్రంశములు ఇందులో చేర్చబడినవి అని అర్థం. ఒక వేళ మనము y_1 మరియు y_2 ను ఒక స్థిరరాశిచే గుణించగా వాటి కంపన పరిమితి ఆ స్థిరరాశి రెట్లు పెరుగుతుంది. అనగా స్థానభ్రంశములు y_1 మరియు y_2 లు వరుసగా C_1 మరియు C_2 లచే గుణించబడినపుడు నికర స్థానభ్రంశము y ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$$y = C_1 y_1 + C_2 y_2$$

ఈ సమీకరణమును ఎన్ని తరంగములకైన సాధారణీకరించవచ్చును. ఒకటి కంటే ఎక్కువ మితులలో n తరంగములు ఉన్నప్పుడు వాటి స్థానభ్రంశములను సదిశ (vector) గుర్తుల సహాయంతో వ్రాయవచ్చు.

ఇక్కడ నికర స్థానభ్రంశము $\vec{y}$ అయితే

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

తరంగం ఆధ్యారోపణ నియమము క్రింది అంశములను వివరిస్తుంది:

(అ) స్థల వ్యతికరణము (Space or spatial Interference) దీనినే సాధారణంగా వ్యతికరణము (Interference) అని కూడా పిలుస్తారు.

(ఆ) కాల వ్యతికరణము (Time or Temporal Interference) దీనినే విస్పందనాలు (Beats) అంటారు.

(ఇ) స్థిర తరంగముల భావన

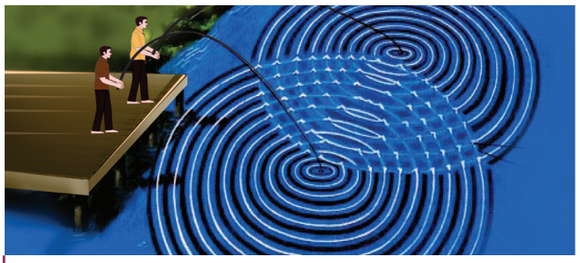
అధ్యారోపణ నియమమును పాటించు తరంగములను రేఖీయ తరంగములు (linear waves) అంటారు. ఇందులో కంపన పరిమితి వాటి తరంగ ధైర్ఘ్యము కంటే చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. సాధారణముగా తరంగం యొక్క కంపన పరిమితి తక్కువ కానపుడు వాటిని అరేఖీయ (non-linear) తరంగములు అంటారు. ఇది రేఖీయ అధ్యారోపణ నియమమును ఉల్లంఘిస్తుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 253 28-02-2023 13:30:49

ఉదా॥ లేజర్ ఈ అధ్యాయములో మనము రేఖీయ తరంగంలపై మాత్రమే దృష్టిని సారిద్దాం.

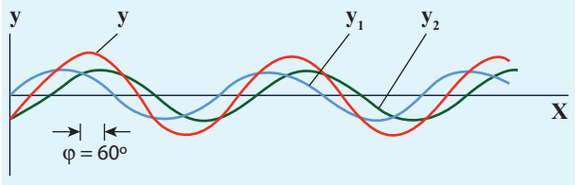
క్రింది అంశములను వేర్వేరు ఉప విభాగముల యందు చర్చిద్దాం.

11.7.1 తరంగముల వ్యతికరణము (Interference of waves)



పటము 11.27 తరంగముల వ్యతికరణము

రెండు తరంగములు ఒకదానిపై మరొకటి అధ్యారోపణము చెంది ఫలిత తరంగ కంపన పరిమితి ఎక్కువ, తక్కువ లేదా కంపన పరిమితి స్థిరంగా ఉన్నట్లు మార్పు చెందు దృగ్విషయమును వ్యతికరణము అంటారు.



పటము 11.28 రెండు సైన్ తరంగముల వ్యతికరణము

ఒకే విధమైన పౌనఃపున్యము, స్థిరమైన దశాభేదం φ మరియు ఒకే విధమైన తరంగ రూపము (సంబద్ధ జనకము (coherent source) నుండి వెలువడినది అనుకుందాం) ను కలిగిన రెండు హరాత్మక తరంగములను పరిగణిద్దాం. కాని వీటి కంపన పరిమితులు A_1 మరియు A_2 అయితే

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

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

ఒక వేళ ఈ రెండు తరంగములు ఏక కాలములో ఒక నిర్ధిష్ట దిశలో కదులుచున్నట్లయితే అవి రెండు ఒకదానితో మరొకటి అతిపాతం చెంది వ్యతికరణము ఏర్పడుతుంది. దీనిని గణితాత్మకముగా క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

ఇప్పుడు సమీకరణము (11.47) మరియు (11.48) లను సమీకరణము (11.49) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

త్రికోణమితి సూత్రము ఆధారముగా

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

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

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

పునర్నిర్వచించిన యొడల

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

$$\text{మరియు } A\sin\theta = A_2\sin\varphi \qquad (11.52)$$

అప్పుడు సమీకరణము (11.50) ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

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

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

సమీకరణము (11.51) మరియు (11.52) ను వర్గం చేసి కూడగా

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\varphi \qquad (11.54)$$

కాని కంపన పరిమితి యొక్క వర్గము తీవ్రతకు సమానం. కనుక ($I = A^2$),

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos\varphi \qquad (11.55)$$

అనగా ఏదేని బిందువు వద్ద ఫలిత తీవ్రత ఆ బిందువు వద్ద గల దశా భేదము (phase difference) పై ఆధారపడి ఉంటుంది.

(అ) నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణము (For constructive interference):

ఒక తరంగము యొక్క శృంగము మరొక తరంగము యొక్క శృంగముతో అధ్యారోపణము

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 254 28-02-2023 13:30:51

జరిపినపుడు కంపన పరిమితి పెరిగి మనకు నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం ఏర్పడుతుంది. ఫలిత తరంగంనకు విడివిడి తరంగముల కంటే అధిక కంపన పరిమితి ఉంటుంది. ఈ అంశము పటము 11.29 (అ) లో చూపబడినది.

ఒక బిందువు వద్ద గరిష్ఠ తీవ్రత ఉన్న యెడల ఆ బిందువు వద్ద నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం ఏర్పడుతుంది. అనగా దీని అర్థం క్రింద ఇవ్వబడినది.

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

పై దశాభేదములో రెండు తరంగములు అధ్యారోపణ చెందినట్లైతే నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణము ఏర్పడును.

కనుక, ఫలిత తరంగమునకు

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

కావున ఫలిత కంపన పరిమితి

$$A = A_1 + A_2$$



(అ) (ఆ)

పటము 11.29 (అ) నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం (ఆ) వినాశక వ్యతికరణం

(అ) వినాశక వ్యతికరణము (For destructive interference):

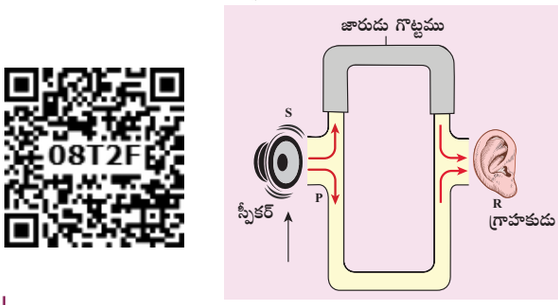
ఒక తరంగం యొక్క శృంగం మరొక్క తరంగం యొక్క ద్రోణితో అధ్యారోపణము జరిపినపుడు వాటి కంపన పరిమితులు పూర్తిగా క్షీణించి పటం 11.29 (ఆ) లో చూపిన విధంగా వినాశక వ్యతికరణం ఏర్పడుతుంది. ఇక్కడ ఫలిత కంపన పరిమితి దాదాపు శూన్యం. ఒక బిందువు వద్ద కనిష్ఠ తీవ్రత ఉన్నప్పుడు వినాశక వ్యతికరణం ఏర్పడుతుంది. అనగా $\cos\varphi = -1 \Rightarrow \varphi = \pi, 3\pi, 5\pi, \ldots = (2n-1)\pi,$ ఇక్కడ $n = 0,1,2,....$ మొ॥. పై దశాభేదములో రెండు తరంగములు అధ్యారోపణము చెందినట్లైతే వినాశక వ్యతికరణము ఏర్పడును. అనగా

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

కావున ఫలిత కంపన పరిమితి

$$A = |A_1 - A_2|$$

పటము (11.30) లో చూపిన విధంగా ఒక సాధారణ పరికరమును తీసుకొని దాని ద్వారా ధ్వని వ్యతికరణము ప్రదర్శిద్దాం.



పటము 11.30 ధ్వని తరంగముల వ్యతికరణములను ప్రదర్శించు సాధారణ పరికరం

లౌడ్ స్పీకర్ S నుండి వెలువడిన ఒక ధ్వని తరంగం గొట్టం P ద్వారా పయనించినది. ఇది T ఆకారపు కూడలి వలె ఉన్నది. ఈ సందర్భంలో సగభాగం ధ్వని శక్తి, ఒక దిశలోను మిగిలిన సగభాగం దానికి వ్యతిరేక దిశలోను ప్రసరిస్తుంది. కావున గ్రాహకుడిని చేరే ధ్వని తరంగాలు పై రెండు మార్గాల గుండా పయనించి R ను చేరుచున్నవి. స్పీకర్ నుండి గ్రాహకుని వద్దకు చేరడానికి ధ్వని తరంగాలు పయనించే మొత్తం దూరాన్ని మార్గ పొడవు (path length) (r) అని అంటారు. పటం 11.30 నుండి క్రింది వైపు గల మార్గం పొడవు (r_1) స్థిరంగాను మరియు పై వైపు గల మార్గపు పొడవు (r_2) ను జారుడు గొట్టం ద్వారా మార్చునట్లు అమర్చబడి వున్నది. ఇప్పుడు ఈ మార్గం పొడవులోని తేడాను,

$\Delta r = |r_2 - r_1|$ గా సూచించవచ్చును.

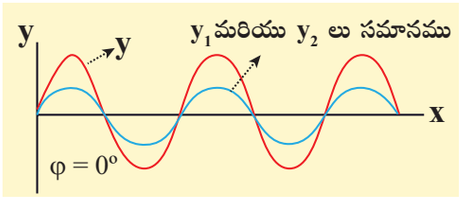
ఒక వేళ మార్గం పొడవులోని భేదం శూన్యముగాను లేక తరంగ దైర్ఘ్యం (λ) యొక్క పూర్ణాంకాల రెట్లుగా ఉంటుంది. గణితాత్మకంగా దానికి క్రింది విధంగా రాయవచ్చును.

$\Delta r = n\lambda$ ఇక్కడ, $n = 0, 1, 2, 3,....$

పటము 11.31 లో చూపినట్లు రెండు తరంగములు r_1 మరియు r_2 మార్గముల ద్వారా పయనించి ఏదో

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 255 28-02-2023 13:30:52

క్షణంలో గ్రాహకుణి ఒకే దశలో (దశ భేదం 0° లేదా 2π) కలిసినపుడు నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం జరుగుతుంది.



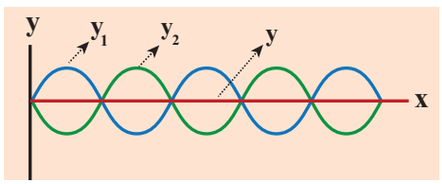
పటము 11.31 దశాభేదం 0° ఉన్నప్పుడు గరిష్ఠ తీవ్రత

కావున పై సందర్భంలో గ్రాహకుడు గరిష్ఠ ధ్వని తీవ్రతను పొందుతాడు. ఒక వేళ మార్గ పొడవులో తేడా తరంగ దైర్ఘ్యం λ కు అర్ధ బేసి పూర్ణాంకం (half-odd-integer) గా ఉన్నప్పుడు గణితాత్మకంగా

$$\Delta r = n\frac{\lambda}{2} \quad \text{ఇక్కడ}$$

$n = 1,3,...$ (n ఒక బేసి సంఖ్య)

పటం 11.32 లో చూపినట్లు రెండు తరంగములు r_1 మరియు r_2 మార్గముల ద్వారా పయనించి ఏదో ఒక క్షణంలో దశాభేదం π లేదా 180° తో గ్రాహకున్ని చేరినది. అప్పుడు తరంగాలు వాటి తీవ్రత క్షీణించి వినాశక వ్యతికరణమును ఏర్పరుస్తాయి.



పటము 11.32 దశాభేదం 180° ఉన్నప్పుడు కనిష్ఠ తీవ్రత

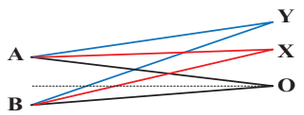
కావున కంపన పరిమితి కనిష్టం లేదా శూన్యమయినపుడు అక్కడ ధ్వని వినబడదు. అంటే ఈ సందర్భములో గ్రాహకుడు ఎటువంటి ధ్వనిని గ్రహించడు. దశాభేదం మరియు మార్గభేదం మధ్యగల సంబంధం,

$$\text{దశాభేదం} = \frac{2\pi}{\lambda}\ (\text{మార్గభేదం}) \qquad (11.56)$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta r \quad \text{or} \quad \Delta r = \frac{\lambda}{2\pi}\Delta\varphi$$

ఉదాహరణ 11.16

క్రింది పటంలో చూపినట్లు A మరియు B అనే రెండు జనకములను తీసుకొందాం ఇప్పుడు ఆ రెండు జనకాలు సమాన పౌనఃపున్యము, వేరువేరు కంపన పరిమితులు గల ఒకే దశలో పయనించి సరళ హరాత్మక తరంగములను ఉద్గారిస్తున్నవి అనుకొందాం. పటంలో చూపినట్లు A మరియు Bలకి సమాన దూరంలో O అనే బిందువు ఉన్నది. అయితే O, Y మరియు X బిందువుల వద్ద త్రీవతను లెక్కించండి A & B నుండి X మరియు Y లు సమాన దూరంలో లేవు.



సాధన

OA మరియు OB ల మధ్య దూరం సమానం కావున A మరియు B ల నుండి ప్రారంభమైన తరంగముల సమాన దూరం(సమాన మార్గపొడవు) ను పయనించిన తర్వాత O ను చేరుతుంది. కావున రెండు తరంగముల మార్గ భేదము O వద్ద 0 (సున్న) అవుతుంది.

$$OA - OB = 0$$

తరంగములు ఒకే దశలో ఉన్నాయి. కావున 0 బిందువు వద్ద రెండు తరంగముల మధ్య దశాభేదం కూడా 0 (సున్న) అవుతుంది. కావున ఫలిత తీవ్రత O బిందువు వద్ద గరిష్టంగా ఉంటుంది.

రెండు తరంగముల మధ్య మార్గభేదం λ ఉన్నట్లు ఒక బిందువు Y ను తీసుకొందాం అప్పుడు Y వద్ద దశాబేధం.

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

కావున Y బిందువు వద్ద A మరియు B ల నుండి వెలువడిన రెండు తరంగాలు ఒకే దశలో ఉంటాయి. కావున తీవ్రత గరిష్టంగా ఉంటుంది.

రెండు తరంగముల మధ్య మార్గభేదం $\frac{\lambda}{2}$ ఉన్నట్లు

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 256 28-02-2023 13:30:53

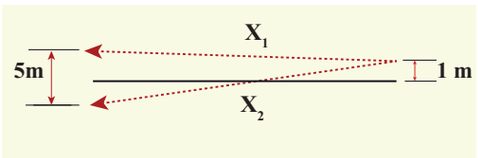
ఒక బిందువు X ను తీసుకొందాం అప్పుడు X వద్ద దశాభేదం

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

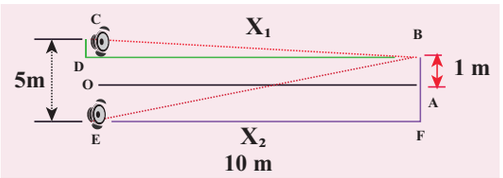
కావున X బిందువు వద్ద కలసినటువంటి తరంగములు వ్యతిరేక దశలో ఉండినపుడు అక్కడ వినాశక వ్యతికరణము ఏర్పడి తీవ్రత కనిష్టం అవుతుంది.

ఉదాహరణ 11.17

రెండు స్పీకర్‌లు C మరియు E లు 5 మీటర్ల మధ్య దూరంతో ఉంచబడి అవి ఒకే జనకం ద్వారా పనిచేయుచున్నవని ఊహిద్దాం. A వద్ద ఒక వ్యక్తి C మరియు E ల మధ్య బిందువు O నుండి 10 మీటర్ల దూరంలో నిలుచుని ఉన్నాడు. పటంలో చూపినట్లు వ్యక్తి OC కు సమాంతరంగా O బిందువు వైపుగా A నుండి B దిశగా 1 m నడిచాడు. అప్పుడు వ్యక్తి మొట్టమొదట B వద్ద కనిష్ట ధ్వని తీవ్రతను గ్రహించాడు. అయితే జనకం యొక్క పౌనఃపున్యమును లెక్కించండి. (ధ్వని వేగం 343 $m\,s^{-1}$)



సాధన



రెండు తరంగములు బిందువు B ను 180° దశతో చేరినపుడు మొట్టమొదటి కనిష్ట తీవ్రత ఏర్పడుతుంది అప్పుడు మార్గ బేధం.

$\Delta x = \frac{\lambda}{2}$ అవుతుంది. మార్గభేదమును లెక్కించుటకు మనం మార్గ పొడవు x_1 మరియు x_2 లను కనుగొనవలెను. లంబకోణ త్రిభుజం BDC

$DB = 10$ మీ మరియు $OC = \frac{1}{2}(5) = 2.5$ మీ

$CD = OC - 1 = (2.5\text{ మీ}) - 1\text{ మీ} = 1.5$ మీ

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

$$= \sqrt{102.25} = 10.1\text{ మీ}$$

EFB అను లంబకోణ త్రిభుజంలో

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

$FB = FA + AB = (2.5\text{ మీ}) + 1\text{ మీ} = 3.5$ మీ

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

$$= \sqrt{112.25} = 10.6\text{ మీ}$$

మార్గబేధం $\Delta x = x_2 - x_1 = 10.6\text{ మీ} - 10.1\text{ మీ} = 0.5\text{ మీ}$.

ఈ మార్గబేధం $\frac{\lambda}{2}$ కు సమానం కావాలి.

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

జనకం యొక్క పౌనఃపున్యమును పొందడానికి

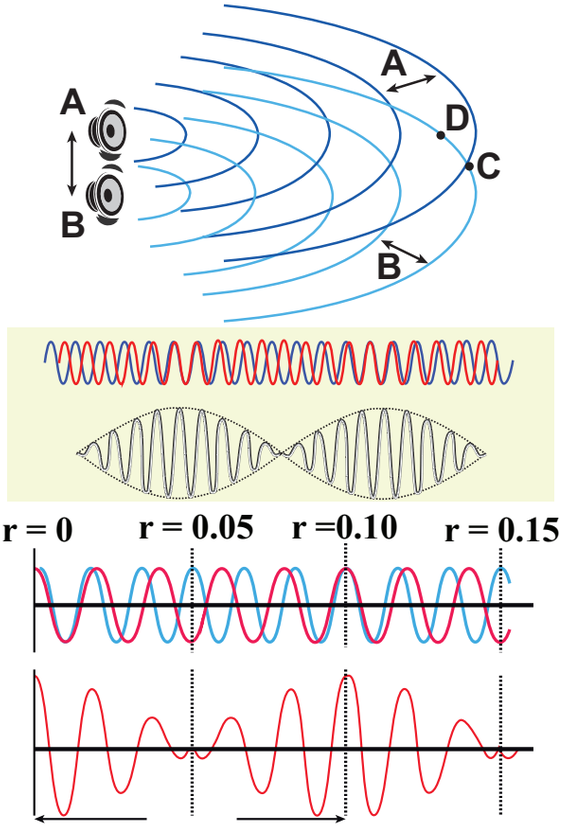
$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343}{1} = 343\text{ Hz}$$

$$= 0.3\ k\text{Hz}$$

గమనిక

స్పీకర్‌లు $\frac{\lambda}{2}$ మార్గబేధంతో ముందుగానే సంధానించబడినది అనుకొందాం. ఇప్పుడు మార్గ బేధమును $\frac{\lambda}{2}$ తో కలిపినపుడు అది పూర్తి మార్గ భేదము λ ను ఇస్తుంది. అనగా రెండు తరంగాలు బిందువు B వద్ద ఒకే దశలో ఉండి గరిష్ట తీవ్రతను కలిగిస్తాయని తెలుస్తోంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 257 28-02-2023 13:30:56



పటము 11.32 వేరు వేరు పౌన:పున్యములు కలిగిన రెండు తరంగములు అధ్యారోపణం జరిపినపుడు నిర్మాణాత్మక మరియు వినాశక వ్యతికరణములో ఏర్పడు కాల వికల్పం అనగా దశలో ఆవర్తనంగా ఏర్పడు మార్పులు.

11.7.2 విస్పందనాలు ఏర్పడుట (Formation of beats)

స్వల్ప మార్పు కలిగిన పౌనఃపున్యముతో రెండు తరంగములు అధ్యారోపణం జరిపినపుడు ఒక బిందువు వద్ద ఆవర్తనంగా మారుతున్న కంపన పరిమితిలో ధ్వని వినబడుతుంది. దీనినే "విస్పందనాలు" అంటారు. ఒక సెకను కాలంలో ఏర్పడే గరిష్ట కంపన పరిమితులు సంఖ్యను "విస్పందన పౌనఃపున్యము" అంటారు. మన వద్ద రెండు జనకములు ఉన్నట్లయితే వాటి పౌనఃపున్యములోని తేడా విస్పందన పౌనఃపున్యము అవుతుంది.

ఒక సెకను కాలంలో ఏర్పడే విస్పందనాల సంఖ్య

$$n = |f_1 - f_2|$$

అదనపు సమాచారం: (పరీక్షల కొరకు కాదు) విస్పందనముల గణితాత్మక వివరణ:

విస్పందనముల గణితాత్మక వివరణ కొరకు సమాన కంపన పరిమితి మరియు స్వల్ప పౌనఃపున్య తేడా f_1 మరియు f_2 కలిగిన రెండు తరంగములు ఒకదానిపై మరొకటి అధ్యారోపణం జరిపినట్లు పరిగణిద్దాం.

ధ్వని తరంగముల (పీడన తరంగములు) అనుధైర్ఘ్య తరంగములు కాబట్టి $x = 0$ బిందువు వద్ద సమాన కంపన పరిమితి (అధిక పీడనం గల ప్రాంతం) మరియు వేరు వేరు కోణీయ పౌనఃపున్యము ω_1 మరియు ω_2కలిగిన రెండు తరంగముల స్థానభ్రంశం $y_1 = A \sin(\omega_1 t)$ మరియు $y_2 = A \sin(\omega_2 t)$ అనుకొందాం. ఇప్పుడు ఈ రెండు తరంగాలను అధ్యారోపణం జరుపుటకు అనుమతించినపుడు వాటి నికర స్థానభ్రంశం.

$$y = y_1 + y_2$$

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

కాని $\omega_1 = 2\pi f_1$ మరియు $\omega_2 = 2\pi f_2$

అయితే

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

త్రికోణమితీయ సూత్రమును ఉపయోగించగా

$$\sin C + \sin D = 2\cos\left(\frac{C-D}{2}\right)\sin\left(\frac{C+D}{2}\right)$$

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

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 258 28-02-2023 13:30:57

మరియు f_1 కంటే f_2 కొంత గరిష్ట విలువను కలిగి ఉన్నట్లయితే $\left(\frac{f_1-f_2}{2}\right) \ll \left(\frac{f_1+f_2}{2}\right)$ అనగా $\left(\frac{f_1+f_2}{2}\right)$ తో పోల్చినపుడు సమీకరణము (11.57) లోని y_p ని చాలా నెమ్మదిగా మార్పుకు లోనవుతుంది.

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

ఇది సరళ హరాత్మక తరంగం యొక్క పౌనఃపున్యమును తెలియజేస్తుంది. అనగా ఈ పౌనఃపున్యము విడి విడి తరంగాల అంక గణిత సరాసరి పౌనఃపున్యము మరియు కంపన పరిమితి y_p లు కాలం t తో పాటు మారుతుంది.

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

సందర్భం (A):

y_p గరిష్టంగా ఉన్నప్పుడు ఫలిత కంపన పరిమితి కూడా గరష్టమవుతుంది. దాని నుండి $y_p \propto \cos\left(2\neq\left(\frac{f_1-f_2}{2}\right)t\right)$ అనగా కొసైన్ విలువ ±1 ఉన్నప్పుడు మాత్రమే గరిష్ట కంపన పరిమితి ఏర్పడుతుంది.

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

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

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

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

కావున రెండు వరస గరిష్టముల మధ్య కాలవ్యవధి

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

అప్పుడు ఒక సెకను కాలంలో ఉత్పత్తి అయిన విస్పందనాల సంఖ్య రెండు వరస గరిష్టాలు ఏర్పడటానికి పట్టే కాలవ్యవధి విలోమానానికి సమానం. అనగా $|f_1 - f_2|$ అని అర్థం.

సందర్భం (B):

ఫలిత కంపన పరిమితి కనిష్టం అయినప్పుడు అనగా అది y_p కనిష్టమైనపుడు శూన్యంకు సమానం అని అర్థం. కాని $y_p \propto \cos\left(2\neq\left(\frac{f_1-f_2}{2}\right)t\right)$ అంటే కొసైన్ విలువ 0 అయినపుడు మాత్రమే కనిష్టములు ఏర్పడుతాయి.

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

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

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

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

కావున రెండు వరస కనిష్టముల మధ్య కాల వ్యవధి

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

అప్పుడు ఒక సెకను కాలంలో ఉత్పత్తి అయిన విస్పందనాల సంఖ్య రెండు వరస కనిష్టాలు ఏర్పడటానికి పట్టే కాలవ్యవధి విలోమానికి సమానం అగును $|f_1 - f_2|$ అని అర్థం.

ఉదాహరణ 11.18

రెండు తరంగముల తరంగ దైర్ఘ్యములు 5 m మరియు 6 m ఈ రెండు తరంగాలు 330 మీ సె$^{-1}$ వేగంతో ఒక వాయువులో ప్రసరించినట్లయితే ఒక సెకనుకు ఏర్పడే విస్పందనాల సంఖ్యను లెక్కించండి.

సాధన

$\lambda_1 = 5m$ మరియయు $\lambda_2 = 6m$ అని ఇవ్వబడినది.
వాయువులో ధ్వని వేగం $v = 330$ మీసె$^{-1}$
తరంగధైర్ఘ్యం మరియు తరంగ వేగమునకు మధ్యగల సంబంధం is $v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 259 28-02-2023 13:31:03

λ_1 తరంగ ధైర్ఘ్యమునకు సంబంధించిన పౌనఃపున్యము

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

λ_2 తరంగ ధైర్ఘ్యమునకు సంబంధించిన పౌనఃపున్యము

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

ఒక సెకనులో ఏర్పడే విస్పందనాలు సంఖ్య $|f_1 - f_2| = |66 - 55| = 11$ సెకనుకు 11 విస్పందనాలు

ఉదాహరణ 11.19

$y_1 = 5\sin(240\pi t)$ మరియు $y_2 = 4\sin(244\pi t)$ అనే రెండు తరంగ సమీకరణాలను కలిగిన తరంగములను రెండు కంపనము చెందుచున్న శృతి దండములు ఉత్పత్తి చేశాయి. అయితే ఒక సెకన్‌కు ఏర్పడే విస్పందనాల సంఖ్యను లెక్కించండి.

సాధన

$y_1 = 5\sin(240\pi t)$ మరియు $y_2 = 4\sin(244\pi t)$ అని ఇవ్వబడినది. పై సమీకరణంను

$y = A\sin(2\pi f_1 t)$ తో పోల్చగా

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

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

ఉత్పత్తి అయిన విస్పందనాల సంఖ్య $|f_1 - f_2| = |120 - 122| = |-2|$ సెకనుకు 2 విస్పందనాలు

11.8 స్థిర తరంగములు (STANDING WAVES)

11.8.1 స్థిర తరంగముల వివరణ (Explanation of stationary waves)

ఒక తరంగం దృఢమైన హద్దు (గోడ) ను తాకినపుడు అది పూర్వ యానకంలోకి మరలా వెనుదిరిగి అదే తరంగంతో అధ్యారోపణ నియమాన్ని అనుసరించి వ్యతికరణము చెంది ఒక తరంగ రూపము ఏర్పడును. ఈ తరంగ రూపమును "స్థిర తరంగాలు" అంటారు. సమాన కంపన పరిమితి మరియు సమాన వేగం కలిగిన రెండు హరాత్మక పురోగామి తరంగాలు వ్యతిరేక దిశలో చలిస్తూ ఉన్నవి. అయితే మొదటి తరంగం (పతన తరంగం) యొక్క స్థానభ్రంశం

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

(తరంగములు కుడివైపుగా చలిస్తున్నవి)

రెండవ తరంగం (పరావర్తన తరంగం యొక్క స్థానభ్రంశం)

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

(తరంగములు ఎడమ వైపుగా చలిస్తున్నవి)

రెండు తరంగముల అధ్యారోపణ నియమాన్ని అనుసరించి వ్యతికరణము జరపగా వాటి నికర స్థానభ్రంశం

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

(11.59) మరియు (11.60) సమీకరణాలను (11.61) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

(11.62) వ సమీకరణాన్ని త్రికోణమితి సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి, మార్చి రాయగా

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

పై సమీకరణం ముందు దిశ లేదా వెనుక దిశలోకి చలించలేని ఒక స్థిర తరంగమును సూచిస్తుంది. కాని పురోగామి తరంగాలు ముందు దిశ లేదా వెనుక దిశలోకి చలించగలవు. (11.63) వ సమీకరణంలో కణం యొక్క స్థానభ్రంశమును సూక్ష్మీకృత రూపంలో వ్రాయగా $y(x,t) = A'\cos(\omega t)$ ఇక్కడ $A' = 2A\sin(kx)$ అనునది నిర్ధిష్ట తీగ మూలకం A'కు సమానమైన కంపన పరిమితితో సరళ హరాత్మక చలనం చేస్తుంది అని అర్థం. గరిష్ట కంపన పరిమితులు క్రింద ఇవ్వబడిన స్థానముల వద్ద ఏర్పడుతుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 260 28-02-2023 13:31:03

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

ఇందులో m అనునది అర్ధ పూర్ణాంకము లేదా అర్ధ సమాకలన విలువలను కలిగి వుంటుంది. గరిష్ట స్థానభ్రంశం కలిగిన స్థితిని ప్రస్పందన స్థానం (Anti node) అంటారు. తరంగ సంఖ్యను తరంగ దైర్ఘ్య పదజాలంతో తెలిపినప్పుడు ప్రస్పందన స్థానాన్ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

$m = 0$ కు $x_0 = \frac{\lambda}{4}$ వద్ద మనకు గరిష్టం ఏర్పడుతుంది.

$m = 1$ కు $x_1 = \frac{3\lambda}{4}$ వద్ద మనకు గరిష్టం ఏర్పడుతుంది.

$m = 2$ కు $x_2 = \frac{5\lambda}{4}$ వద్ద మనకు గరిష్టం ఏర్పడుతుంది. పై విధంగా కొనసాగుతూ వుంటుంది.

రెండు వరుస ప్రస్పందన స్థానముల మధ్య దూరము

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

అదే విధంగా ఇందులో A' అనే కనిష్ట కంపన పరిమితి కూడా ఏర్పడుతుంది. ఈ స్థానములు క్రింది విలువల వద్ద ఏర్పడుతుంది.

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

n అనునది పూర్ణాంకాలు లేదా సమాకలన విలువను కలిగి ఉంటుంది. ఈ బిందువుల వద్ద కణములు కంపించవు అనగా చలించవు. ఈ బిందువులను "అస్పందన స్థానాలు" (nodes) అంటారు. n వ అస్పందన స్థానమును క్రింది సూత్రం ద్వారా లెక్కించవచ్చును.

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

$n = 0$ కు $x_0 = 0$ వద్ద మనకు కనిష్టం ఏర్పడుతుంది.

$n = 1$ కు $x_1 = \frac{\lambda}{2}$ వద్ద మనకు కనిష్టం ఏర్పడుతుంది.

$n = 2$ కు $x_2 = \lambda$ వద్ద మనకు కనిష్టం ఏర్పడుతుంది. ఇది కొనసాగుతూ ఉంటుంది

రెండు వరుస అస్పందన స్థానముల మధ్య దూరమును క్రింది విధంగా లెక్కించవచ్చును.

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

ఉదాహరణ 11.20

రెండు ప్రక్కప్రక్కననే ఉన్న ప్రస్పందన మరియు అస్పందన స్థానాల మధ్య దూరంను లెక్కించండి.

సాధన

nవ సూత్రం ప్రకారము ప్రస్పందన మరియు అస్పందన స్థానాల మధ్యదూరం

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

11.8.2 స్థిర తరంగముల లక్షణములు (Characteristics of stationary waves)

(1) స్థిర తరంగాలు రెండు దృఢ హద్దుల మధ్య ఏర్పడిన అలజడులు నిర్భందించడం వలన ఏర్పడుతాయి. అనగా ఇది యానకములో ముందుకు లేక వెనకకు చలించలేవు. ఒకే స్థానంలో స్థిరంగా ఉంటాయి. కావున వీటిని "స్థిర తరంగాలు లేదా నిలకడ తరంగాలు" అంటారు.

(2) గరిష్ట కంపన పరిమితి గల బిందువును ప్రస్పందన స్థానం అని కనిష్ట లేక శూన్య కంపన పరిమితి గల బిందువును "అస్పందన స్థానం" అంటారు.

(3) రెండు వరస అస్పందన స్థానాలు లేక ప్రస్పందన స్థానముల మధ్య దూరము $\frac{\lambda}{2}$.

(4) ఆసన్న అస్పందన మరియు ప్రస్పందన స్థానముల మధ్య దూరము $\frac{\lambda}{4}$.

(5) నిలకడ తరంగాలలో శక్తి బదిలీ శూన్యం.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 261 28-02-2023 13:31:05

పట్టిక 11.3: పురోగామి తరంగములు మరియు స్థిర తరంగముల మధ్య పోలికలు

వ.సం.	పురోగామి తరంగములు	స్థిర తరంగములు:
1.	తిర్యక్ పురోగామి తరంగములలో శృంగము మరియు ద్రోణి ఏర్పడుతుంది. అనుదైర్ఘ్య పురోగామి తరంగములలో సంపీడనములు మరియు విరళీకరణములు ఏర్పడుతాయి. ఈ తరంగములు యానకములో ముందుకు, వెనుకకు, చలిస్తాయి. అనగా ఇది యాకములో ఒక నిర్ధిష్ట వేగంతో పయనిస్తాయి.	స్థిర తిర్యక్ తరంగములలో శృంగము మరియు ద్రోణి ఏర్పడుతుంది. స్థిర అనుదైర్ఘ్య తరంగములలో సంపీడనములు మరియు విరళీకరణములు ఏర్పడుతాయి. ఈ తరంగములు యానకములో ముందుకు వెనుకకు చలించవు. అనగా ఇది యానకములో చలించక నిలకడగా వుంటాయి.
2.	తరంగము చలించే దిశలో వున్న అన్ని కణాలు సమాన కంపన పరిమితితో కంపించును.	అస్పందన స్థానముల వద్ద కణములు తప్ప, యానకములోని ఇతర కణములు కంపిస్థాయి. యానకములో కంపిస్తున్న వేర్వేరు కణముల కంపన పరిమితి వేర్వేరుగా ఉంటుంది. ఈ కంపన పరిమితి అస్పందన స్థానము వద్ద కనిష్టం లేదా శూన్యం గానూ, ప్రస్పందన స్థానము వద్ద గరిష్టంగాను వుంటుంది.
3.	ఈ తరంగములు శక్తిని బదిలీ చేయును.	ఈ తరంగములు శక్తిని బదిలీ చేయవు.

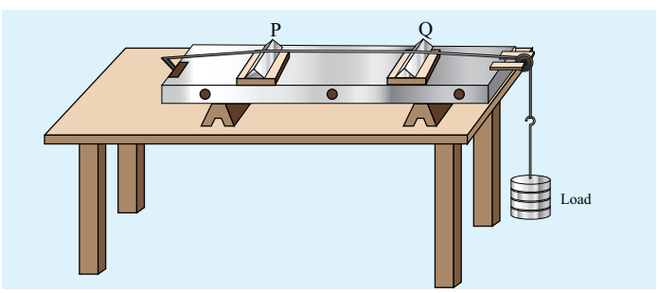
11.8.3 సోనో మీటర్‌లో స్థిర తరంగములు (Stationary waves in sonometer)

సోనో అనగా ధ్వని సంబంధితం అని అర్థం. కనుక సోనోమీటర్ అనునది ధ్వని సంబంధిత మాపనము అనే అర్థమునిస్తుంది. ఈ పరికరము తీగలో ఏర్పడిన స్థిర తిర్యక్ తరంగముల పౌనఃపున్యము తీగ తన్యత, తీగ పొడవు మరియు ప్రమాణ పొడవుకు తీగ ద్రవ్యరాశి మొదలగు భౌతిక రాశుల మధ్య సంబంధమును ప్రదర్శించుటకు ఉపయోగపడుతుంది. కావున ఈ పరికరమునుపయోగించి ఈ క్రింది రాశులను నిర్ణయించవచ్చును.

(అ) శృతి దండము యొక్క పౌనఃపున్యము లేదా ఏకాంతర (Alternating) విద్యుత్ యొక్క పౌనఃపున్యము

(ఆ) తీగయొక్క తన్యత (Tension)

(ఇ) వ్రేలాడ దీయబడిన వస్తువు యొక్క తెలియని ద్రవ్యరాశి (Mass)



పటము 11.34 సోనో మీటరు

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 262 28-02-2023 13:31:05

నిర్మాణము:

ఒక మీటరు పొడవు కలిగిన ఖాళీ చెక్క పెట్టెతో సోనో మీటర్‌ను తయారు చేస్తారు. దీనికి సమరీతి సన్నని లోహపు తీగను అమర్చుతారు. తీగ ఒక కొన కొక్కెమునకు బిగించబడి వుంటుంది మరియు మరొక కొనకు పటము (11.34) లో చూపినట్లు ఒక చిన్న రాట్నం ద్వారా బరువును వ్రేలాడ దీస్తారు. ఒకే ఒక తీగను ఉపయోగించుట వలన దీనిని స్వరమాపకం (Monochord) అని కూడా పిలుస్తారు. స్వేచ్ఛగా ఉన్న తీగ కొనకు (బరువును వ్రేలాడదీసే కొనకు) బరువులను పెంచినపుడు తీగ తన్యత పెరుగుతుంది జరపడానికి వీలుగా గల రెండు మొనదేలిన చెక్కముక్కలను చెక్కపెట్టెపై ఉంచి, తద్వారా సాగదీయబడిన తీగ యొక్క కంపన భాగపు పొడవును మార్చుతారు.

పనిచేయు విధానము:

ఒక స్థిర తిర్యక్ తరంగము లేదా నిలకడ తరంగము ఉత్పత్తి అయినపుడు మొనదేలిన కొనలు గల చెక్క ముక్కలు P మరియు Q వద్ద అస్పందన స్థానము ఏర్పడుతుంది.

మొనదేలిన కొనలు P మరియు Q ల మధ్య ప్రస్పందన స్థానము ఏర్పడుతుంది.

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

కంపించు తీగ యొక్క పౌనఃపున్యము f తీగ తన్యత T మరియు ప్రమాణ పొడవుకు తీగ ద్రవ్యరాశి μ అయితే (11.13) వ సమీకరణమును ఉపయోగించిన

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

తీగ పదార్థము యొక్క సాంద్రత ρ మరియు తీగ వ్యాసము d అయితే ప్రమాణ పొడవుకు తీగ ద్రవ్యరాశి μ ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

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

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

ఉదాహరణ 11.21

ఒక తీగ యొక్క ప్రాథమిక పౌనఃపున్యమును f అనుకొందాం. ఇప్పుడు తీగను l_1 మరియు l_2 ముక్కలుగా చేసిన యెడల వాటి ప్రాథమిక పౌనఃపున్యములు వరుసగా l_3 మరియు f_1, f_2 అయితే f_3 అని చూపండి.

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

సాధన

తన్యత T మరియు ద్రవ్యరాశి సాంద్రత μ స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు పౌనఃపున్యము ఆ తీగ పొడవుకు విలోమానుపాతములో ఉంటుంది.

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

మొదటి పొడవు భాగమునకు

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

రెండవ పొడవు భాగమునకు

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

మూడవ పొడవు భాగమునకు

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

ఇప్పుడు మొత్తం పొడవు

$$l = l_1 + l_2 + l_3$$

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 263 28-02-2023 13:31:10

11.8.4 ప్రాథమిక పౌనఃపున్యము (Fundamental frequency) మరియు అతిస్వరం (overtones)

రెండు ధృడమైన హద్దులను $x = 0$ మరియు $x = L$ వద్ద వుంచి ఒక తీగను కుదిపి నిలకడ లేక స్థిర తరంగములను ఏర్పరచండి. అప్పుడు నిర్ధిష్ట తరంగ ధైర్ఘ్యం గల స్థిర తరంగములు ఉత్పత్తి అవుతాయి. హద్దుల వద్ద కంపన పరిమితి పూర్తిగా క్షీణించాలి. కనుక హద్దుల వద్ద స్థానభ్రంశము క్రింది షరతులను సంతృప్తి పరచాలి.

$y(x = 0, t) = 0$ మరియు $y(x = L, t) = 0$ (11.68)

$\frac{\lambda_n}{2}$ దూరము వద్ద అస్పందన స్థానము ఏర్పడుటచే $n\left(\frac{\lambda_n}{2}\right) = L$, అవుతుంది ఇక్కడ n ఒక పూర్ణసంఖ్య అవుతుంది. L అనునది రెండు హద్దుల మధ్య దూరము మరియు నిర్దేశించిన హద్దు షరతులను సంతృప్తి పరచే నిర్ధిష్ట తరంగ ధైర్ఘ్యము λ_n అవుతుంది. కావున

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

n విలువ సున్న అయితే తరంగ ధైర్ఘ్యము ఏమవుతుంది? ఎందుకు ఇది ఆమోదించబడదు?

కావున ఒక నిర్ణీత పరిమితిలో అన్ని తరంగ ధైర్ఘ్యములు అనుమతించబడవు. అనుమతించబడిన తరంగ ధైర్ఘ్యములు నిర్దేశించబడిన హద్దు షరతులకు లోబడి వుండాలి. అనగా n = 1 కి మొదటి శ్రేణి కంపనము యొక్క నిర్ధిష్ట తరంగధైర్ఘ్యము $\lambda_1 = 2L$ అదే విధముగా n = 2 కి రెండవ శ్రేణి కంపనము యొక్క నిర్ధిష్ట తరంగధైర్ఘ్యము $\lambda_2 = \left(\frac{2L}{2}\right) = L$ అవుతుంది.

n = 3 కి మూడవ శ్రేణి కంపనము యొక్క నిర్ధిష్ట తరంగధైర్ఘ్యము $\lambda_3 = \left(\frac{2L}{3}\right)$ అవుతుంది. ఇది ఇలాగే కొనసాగుతుంది. ప్రతి శ్రేణిలోని కంపనము యొక్క పౌనఃపున్యము (సహజ పౌనఃపున్యము) ను క్రింది సూత్రము సహాయముతో లెక్కించవచ్చును.

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

అత్యల్ప సహజ పౌనఃపున్యము (lowest natural frequency) ను ప్రాథమిక పౌనఃపున్యము (fundamental frequency) అంటారు.

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

రెండవ సహజ పౌనఃపున్యమును మొదటి అతిస్వరం (first over tone) అంటారు.

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

మూడవ సహజ పౌనఃపున్యమును రెండవ అతిస్వరం (second over tone) అంటారు.

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

ఇది ఇలాగే కొనసాగుతుంది.

కనుక n వ సహజ పౌనఃపున్యమును ప్రాథమిక పౌనఃపున్యము యొక్క పూర్ణాంకాల రెట్లుగా చెప్పవచ్చు.

$f_n = nf_1$, n ఒక పూర్ణాంకము (11.72)

సహజ పౌనఃపున్యమును ప్రాథమిక పౌనఃపున్యముల పూర్ణాంకాల రెట్లుగా వ్రాసిన యెడల అట్టి పౌనఃపున్యమును హరాత్మకము (Harmonics) అంటారు. కావున మొదటి హరాత్మకం $f_1 = f_1$ (ప్రాథమిక పౌనఃపున్యమును మొదటి హరాత్మకము అంటారు) రెండవ హరాత్మకము $f_2 = 2f_1$, మూడవ హరాత్మకము $f_3 = 3f_1$ అవుతుంది.

ఉదాహరణ 11.22

ఒక గిటారు నందు గల తీగ పొడవు 80 సెం.మీ దాని ద్రవ్యరాశి 0.32 గ్రాములు మరియు తన్యత 80 N అయితే దానిని (తీగను) మీటినపుడు మొదటి నాలుగు అత్యల్ప పౌనఃపున్యములను లెక్కించండి.

సాధన

తరంగము యొక్క వేగము

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 264 28-02-2023 13:31:12

తీగ యొక్క పొడవు L = 80 సెం.మీ = 0.8 మీ

తీగ ద్రవ్యరాశి, m = 0.32 g = 0.32×10^{-3} kg

అయితే రేఖీయ ద్రవ్య సాంద్రత

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

తీగ తన్యత, T = 80 న్యూటన్

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

ప్రాథమిక పౌనఃపున్యమునకు f_1 సంబంధించిన తరంగధైర్ఘ్యము $\lambda_1 = 2L = 2 \times 0.8 = 1.6$ m

λ_1 తరంగ ధైర్ఘ్యమునకు సంబంధించిన ప్రాథమిక పౌనఃపున్యము

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{447.2}{1.6} = 279.5 \text{ హెర్ట్జ్}$$

అదే విధముగా రెండవ, మూడవ మరియు నాల్గవ హరాత్మకము సంబంధించిన పౌనఃపున్యములు

$$f_2 = 2f_1 = 559 \text{ హెర్ట్జ్}$$

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

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

11.8.5 సాగదీయబడిన తీగలో తిర్యక్ కంపన నియమములు (Laws of transverse vibrations in stretched strings)

ఈ క్రింది తెలిపినట్లు సాగదీయబడిన తీగలో మూడు రకాల తిర్యక్ కంపన నియమములు కలవు.

(i) పొడవు నియమము లేదా ధైర్ఘ్య నియమము:

T తన్యత (స్థిరమైనది) మరియు ప్రమాణ పొడవుకు ద్రవ్యరాశి μ (స్థిరమైనది) కలిగిన తీగలో ఏర్పడు పౌనఃపున్యము దాని కంపన పొడవుకు విలోమానుపాతంలో వుంటుంది.

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

$$\Rightarrow l \times f = \text{C, ఇక్కడ C ఒక స్థిరాంకము}$$

(ii) తన్యత నియమము:

ఇచ్చిన కంపనము పొడవు l (స్థిరమైనది) మరియు ప్రమాణ పొడవుకు ద్రవ్యరాశి μ (స్థిరమైనది) కలిగిన తీగలో ఏర్పడు పౌనఃపున్యము దాని తన్యత T వర్గమూలానికి అనులోమానుపాతంలో వుంటుంది.

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

$$\Rightarrow f = A\sqrt{T}, \text{ ఇక్కడ A ఒక స్థిరాంకము}$$

(iii) ద్రవ్యరాశి నియమము:

ఇచ్చిన కంపన పొడవు l (స్థిరమైనది) మరియు తన్యత T (స్థిరమైనది) కలిగిన తీగలో ఏర్పడు పౌనఃపున్యము తీగప్రమాణ పొడవుకు గల ద్రవ్యరాశి యొక్క వర్గమూలానికి విలోమానుపాతములో వుంటుంది.

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

$$\Rightarrow f = \frac{B}{\sqrt{\propto}}, \text{ ఇక్కడ B ఒక స్థిరాంకము}$$

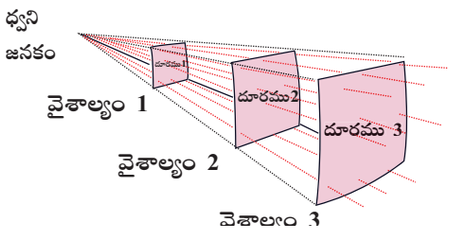
11.9 తీవ్రత మరియు బిగ్గరత (INTENSITY AND LOUDNESS)

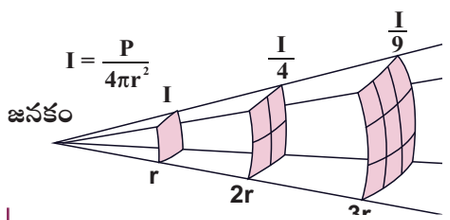
ఏదైనా ఒక ప్రదేశంలో ఒక ధ్వని జనకం మరియు ఇద్దరు పరిశీలకులు (గాహకుడు) ఉన్నట్లు అనుకొందాము. ధ్వని జనకం శక్తిని కొనిపోయే ధ్వని తరంగాలను ఉద్గారిస్తుంది. ధ్వని జనకంచే (ఉత్పత్తి చేయబడిన) ధ్వని శక్తిని ఎవరు మాపనం చేసినను అది ఒకే రకమైన విలువను ఇస్తుంది. అనగా ఆ ప్రాంతంలో నిలుచుకొని వున్న ఏ గ్రాహకుని పైనను ధ్వని శక్తి ఆధారపడదు. అయితే పరిశీలకులు గ్రహించే ధ్వనిలో తేడా వుంటుంది. దానికి గల కారణం చెవి యొక్క సున్నితత్వం వంటివి కావచ్చును. ఇటువంటి అంశాలను నిర్ణయించడానికి మనం ధ్వని యొక్క తీవ్రత మరియు బిగ్గరత అను రెండు వేరు వేరు రాశులను నిర్వచిద్దాం.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 265 28-02-2023 13:31:14

11.9.1 ధ్వని యొక్క తీవ్రత (Intensity of sound)

ధ్వని జనకంచే ఉత్పత్తి చేయబడిన ధ్వని తరంగం దానిని ఆవరించి వున్న వీలైనన్ని బిందువుల వద్దకు శక్తి కొనిపోబడుతుంది. ప్రమాణ సెకనుకు ధ్వని జనకంచే ఉత్పత్తి చేయబడిన సరాసరి ధ్వని శక్తి లేదా బదిలీచేయబడిన ధ్వని శక్తిని ధ్వని సామర్థ్యం అంటారు. ధ్వని తరంగ ప్రసార దిశకు లంబంగా ప్రమాణ వైశాల్యముపై బదిలీ చేయబడిన ధ్వని సామర్థ్యంను ధ్వని తీవ్రత అంటారు.





పటము 11.35 ధ్వని తరంగాల తీవ్రత

ఒక నిర్దిష్ట జనకమునకు ధ్వని తీవ్రత, ధ్వనిజనకం నుండి దూర వర్గమునకు విలోమానుపాతంలో వుంటుంది.

$$I = \frac{\text{ధ్వని జనక సామర్థ్యం}}{4\pi r^2} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$$

దీనినే ధ్వని తీవ్రత యొక్క విలోమవర్గ నియమం (inverse square law) అంటారు.

ఉదాహరణ 11.23

ఒక కుక్కను చూసి భయపడి ఏడ్చే ఒక శిశువు యొక్క అరుపులు 3.0 మీ దూరము నుండి వినబడినది. ఆ దూరం నుండి ధ్వని తీవ్రత 10^{-2} W m^{-2} అయితే 6 మీ నుండి శిశువు యొక్క ధ్వని తీవ్రతను లెక్కించండి.

సాధన

సాధన: 3.0 మీటర్ నుండి వినబడిన ధ్వని తీవ్రతను I_1 అనుకొంటే, $I_1 = 10^{-2}\ W\ m^{-2}$ ఇప్పుడు 6.0 మీ నుండి వినబడిన ధ్వని తీవ్రతను I_2 అనుకొందాం.

$r_1 = 3.0$ మీ, $r_2 = 6.0$ మీ

$$\text{కానీ, } I \propto \frac{1}{r^2}$$

కానీ వెలువడిన ధ్వని తీవ్రత పరిశీలకునిపై ఆధారపడదు. శిశువుపై మాత్రమే ఆధారపడి వుంటుంది. కావున

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

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

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

11.9.2 ధ్వని బిగ్గరత (Loudness of sound)

ఒకే తీవ్రతను కలిగిన రెండూ ధ్వని తరంగాలు సమాన బిగ్గరతను కలిగి ఉండనవసరం లేదు. ఉదాహరణకు నిశబ్దంగా వున్న ఒక మూసివుంచిన గదిలో ప్రేలిన బెలూన్ శబ్దం ఎక్కువగానూ, అదే బెలూన్ ఎక్కువ చప్పుడు గల సంతలో ప్రేలితే బెలూన్ శబ్దం తక్కువగానూ వినబడుతుంది. పై ఉదాహరణలో ధ్వని తీవ్రత సమానమైనప్పటికీ బిగ్గరత సమానం కాదు. ధ్వని తీవ్రత పెరిగే కొద్దీ, బిగ్గరత కూడా పెరుగుతుంది. దీనితో పాటు ధ్వని తీవ్రత మాత్రమే కాకుండా అంతర్గత మరియు అనుభవ పూర్వకంగా ఆ ధ్వని ఎంత బిగ్గరగా వున్నది అనే అంశాన్ని గ్రాహకుడు గ్రహించే సున్నితత్వం పై ఇది ఆధారపడి వుంటుంది. దీనినే "బిగ్గరత" అంటారు. అంటే బిగ్గరత ధ్వని తరంగ తీవ్రత మరియు పరిశీలకుని చెవి సున్నితత్వం పై ఆధారపడి వుంటుంది. కానీ ధ్వని తీవ్రత పరిశీలకునిపై ఆధారపడి వుండదు. బిగ్గరత స్పష్టంగా పరిశీలకునిపై ఆధారపడే ఒక భౌతిక రాశి అయితే ఇది వ్యక్తికీ వ్యక్తికీ తేడాను కలిగి వుంటుంది. చెవిలో ఉత్పత్తి అయిన ధ్వని భావన యొక్క తీవ్రతను లేదా పరిశీలకుడు గ్రహించిన ధ్వనిని "బిగ్గరత" అంటారు.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 266 28-02-2023 13:31:15

11.9.3 ధ్వని తీవ్రత మరియు బిగ్గరత (Intensity and loudness of sound)

మానవుని చెవి $10^{-2}\ Wm^{-2}$ నుండి $20\ W\ m^{-2}$ వ్యాప్తి గల ధ్వని తీవ్రతను వినగలదు. వెబర్ – ఫెక్నర్ నియమం ప్రకారం బిగ్గరత L అనునది వాస్తవ ధ్వని తీవ్రత I యొక్క సంవర్గమాన విలువకు అనులోమానుపాతంలో వుంటుంది. ఇందులో వాస్తవ ధ్వని తీవ్రత మానవేతర పరికరంచే ఖచ్చితంగా కొలవబడినది.

$$L \propto \ln I$$

$$L = k \ln I$$

ఇక్కడ k స్థిరాంకం ఇది కొలతల ప్రమాణంపై ఆధారపడి వుంటుంది. రెండు బిగ్గరతలు మధ్య తేడా L_1 మరియు L_0 లు ఖచ్చితంగా కొలవబడిన రెండు ధ్వని తీవ్రతలు మధ్య గల సాపేక్ష బిగ్గరతను కొలుస్తాయి. గణితాత్మకంగా దీనిని తీవ్రత స్థాయి అని అంటారు. (Intensity level)

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

$k = 1$ బెల్ $k = 10$ డెసిబెల్ అనగా ధ్వని తీవ్రత స్థాయిని అలెగ్జాండర్ గ్రహంబెల్ గౌరవార్థంగా బెల్‌లో కొలుస్తున్నారు.

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

ప్రయోగాత్మకంగా బెల్ అనునది ఒక పెద్ద ప్రమాణం కావున, మన సౌకర్యార్థం ఒక చిన్న ప్రమాణం డెసిబెల్ తీసుకొందాం. డెసిబెల్ $= \frac{1}{10}$ బెల్ కావున పై సమీకరణంను 10చే గుణించి భాగించగా

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

$$\Delta L = 10 \ln\left[\frac{I_1}{I_0}\right] \text{ డెసిబెల్ ఇక్కడ } k = 10$$

ప్రయోగముల కొరకు మనము సహజ సంవర్గములకు బదులుగా ఆధారం 10 (base 10) సంవర్గమానమును ఉపయోగిస్తాము.

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

ఉదాహరణ 11.24

ఒక సంగీత పరికరం 50 dB ధ్వని స్థాయితో వాయించబడినది ఆ ప్రదేశంలో ఒకే రకమైన మూడు సంగీత పరికరములు ఒక్కటిగా వాయించబడితే వాటి మొత్తం తీవ్రతను లెక్కించండి. శ్రవణ తీవ్రత 10^{-12} W m^{-2} అయిన ఒక్కొక్క పరికరం యొక్క ధ్వని తీవ్రతను లెక్కించండి.

సాధన

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

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

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

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

మూడు సంగీత పరికరములు వాయించబడినది కావున, $I_{\text{మొత్తం}} = 3I_1 = 3 \times 10^{-7}\ \text{Wm}^{-2}$.

11.10 గాలిస్తంబ కంపనము (VIBRATIONS OF AIR COLUMN)

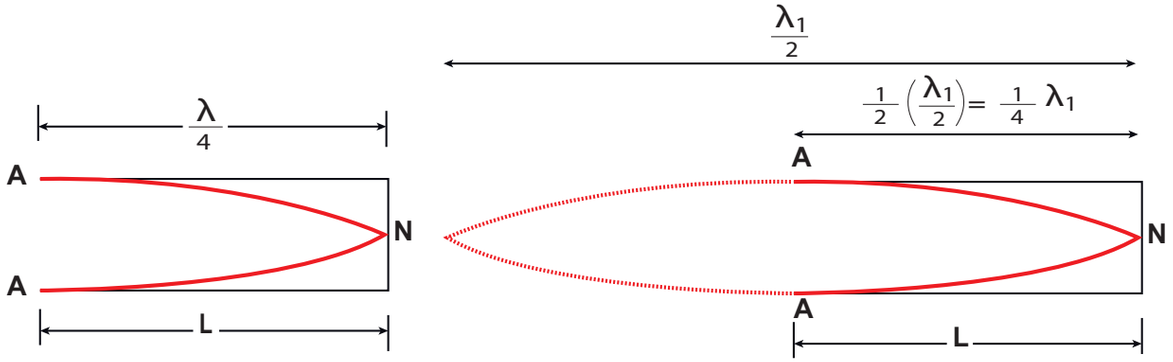
పిల్లనగ్రోవి, సన్నాయి, నాదస్వరం వంటి పరికరములను పవన వాయిద్యాలు (wind instruments) అంటారు. ఇవి గాలిస్తంభ కంపన నియమంపై ఆధారపడి పనిచేస్తాయి. పవన వాయిద్యాలలో సరళమైన రూపం ఆర్గాన్ గొట్టం ఇవి కొయ్య లేదా లోహపు గొట్టంచే తయారుచేయబడే సంగీత ధ్వనిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఉదాహరణకు పిల్లనగ్రోవి, సన్నాయి మరియు నాదస్వరములు. ఆర్గాన్ గొట్ట పరికరములు రెండు రకములుగా వర్గీకరించబడినవి.

(అ) మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టం



పటము 11.36 మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టము ఉదా॥ సన్నాయి

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 267 28-02-2023 13:31:21



పటము 11.37 కణముల కదలికలేని మూసి వుంచిన కొనలో ఏర్పడు అస్పందన స్థానం మరియు తెరచిన కొన వద్ద ఏర్పడు ప్రస్పందన స్థానం (ప్రాథమిక శ్రేణి) (N- అస్పందన A-ప్రస్పందన)

పటం 11.36 లో చూపిన సన్నాయి చిత్రపటంను చూడుము. దీనిలో గొట్టం ఒక వైపు మూసి మరోవైపు తెరచి వుంటుంది. గొట్టం యొక్క ఒక వైపు మూసి వుంచినపుడు తెరచిన వైపు భాగంలో వచ్చే ధ్వని మూసి వుంచిన భాగం వద్ద పరావర్తనం చెంది లోపలి నుండి వచ్చే ధ్వనిలో 180° వ్యతిరేక దశలో వుంటుంది. ఈ విధంగా మూసి వుంచిన భాగం వద్ద కణముల స్థానభ్రంశం శూన్యం అవుతుంది. కనుక మూసి ఉంచిన భాగము వద్ద అస్పందన స్థానం ఏర్పడుతుంది.

గాలి స్తంభంలో ఏర్పడు ఒక సాధారణ కంపన స్థితిని "ప్రాథమిక స్థితి" అంటారు. తెరచిన కొన వద్ద ప్రస్పందన స్థానం మరియు మూసిన కొన వద్ద అస్పందన స్థానం ఏర్పడును. పటం 11.37 నుండి గొట్టం యొక్క పొడవు L తరంగం ఉత్పత్తి చేసిన తరంగ దైర్ఘ్యం λ_1 అయితే కంపన ప్రాథమిక స్థాయికి

$$L = \frac{\lambda_1}{4} \text{ లేదా } \lambda_1 = 4L \qquad (11.74)$$

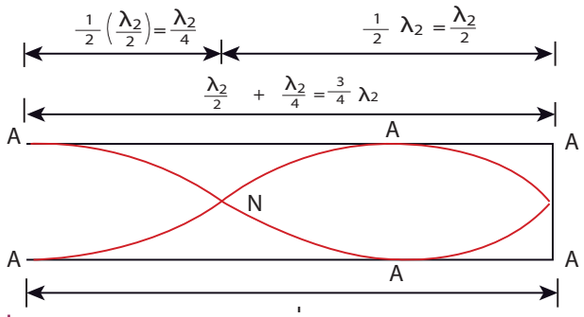
వెలువడిన స్వరం యొక్క పౌనఃపున్యము

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

దీనినే ప్రాథమిక స్వరం (fundamental note) అంటారు.

ప్రాథమిక పౌనఃపున్యముకంటే అధిక పౌనఃపున్యములను తెరచిన కొన వద్ద బలంగా గాలిని ఊదుట ద్వారా ఉత్పత్తి చేయవచ్చును. లఇటువంటి పౌనఃపున్యమును అతిస్వరం (*overtone*) అంటారు.

పటం 11.38 రెండు అస్పందన మరియు ప్రస్పందన బిందువులు కలిగి ద్వితీయ స్థాయి కంపనమును తెలిపే ఉదా ॥ 11.20 ను ప్రదర్శిస్తుంది.



పటము 11.38 రెండు అస్పందన మరియు ప్రస్పందన బిందువులను కలిగిన ద్వితీయ స్థాయి కంపనం.

$$4L = 3\lambda_2$$

$$L = \frac{3\lambda_2}{4} \text{ లేదా } \lambda_2 = \frac{4L}{3}$$

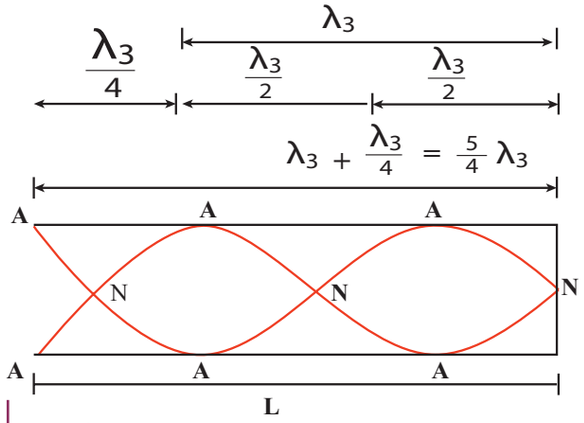
దీని పౌనఃపున్యము,

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

దీని మొదటి అతిస్వరం మరియు ప్రాథమిక పౌనఃపున్యముకు 3 రెట్లు పౌనఃపున్యమును కలిగివున్నందు వలన 'తృతీయ హరాత్మకం' అని అంటారు.

పటం 11.39 లో చూపినట్లు 3 అస్పందన మరియు ప్రస్పందన బిందువులను కలిగిన తృతీయ స్థాయి కంపనము ప్రదర్శిస్తుంది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 268 28-02-2023 13:31:24



పటము 11.39 3 అస్పందన మరియు ప్రస్పందన బిందువులను కలిగిన తృతీయ స్థాయి కంపనములు.

మనకు, $4L = 5\lambda_3$

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

పౌనఃపున్యము

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

దీనిని రెండవ అతి స్వరం అంటారు. ఇక్కడ $n = 5$ కనుక దీనిని 5 వ హరాత్మకం అంటారు. మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టములు బేసి హరాత్మకములను మాత్రమే కలిగి ఉన్నందున n వ హరాత్మకం యొక్క పౌనఃపున్యము $f_n = (2n+1)f_1$ అగును. కావున హరాత్మక పౌనఃపున్యముల నిష్పత్తి

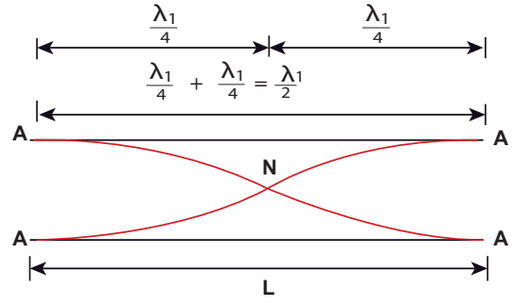
$$f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 3 : 5 : 7 : \ldots \qquad (11.76)$$

(అ) తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టములు:



పటము 11.40 తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టమునకు ఉదా॥ పిల్లన గ్రోవి

పటము 11.40 లో చూపిన పిల్లన గ్రోవి రెండు వైపులా తెరచిన ఒక గొట్టం. రెండు వైపులా తెరచిన గొట్టపు భాగంలో ప్రస్పందన స్థానం ఏర్పడుతుంది. మొదట ప్రాథమిక స్థితిగా లేక శ్రేణిగా పిలువబడు సాధారణ శ్రేణి గాలి స్తంభ కంపనమును పరిగణిద్దాం. తెరచిన భాగం వద్ద ప్రస్పందన బిందువులు ఏర్పడుతాయి. గొట్టం మధ్య భాగంలో అస్పందన స్థానం ఏర్పడుతుంది.



పటము 11.41 తెరచిన భాగం వద్ద ప్రస్పందన స్థానం మరియు గొట్టపు మధ్య భాగంలో అస్పందన స్థానం ఏర్పడుట.

11.41 పటము నుండి గొట్టము పొడవు L ఉత్పత్తియైన తరంగపు తరంగ దైర్ఘ్యం λ_1 అయితే

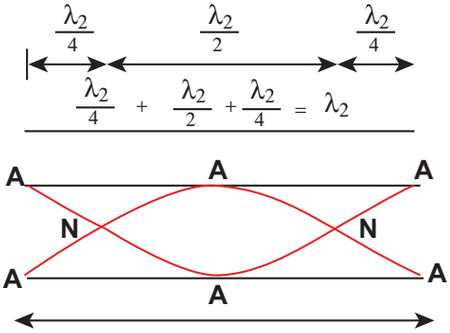
$$L = \frac{\lambda_1}{2} \text{ లేదా } \lambda_1 = 2L \qquad (11.77)$$

ఉత్పత్తియైన స్వరం యొక్క పౌనఃపున్యము

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

దీనిని "ప్రాథమిక స్వరం అంటారు.

ప్రాథమిక పౌనఃపున్యము కంటే అధిక పౌనఃపున్యమును గొట్టము తెరిచిన కొనలలో ఏదో ఒక వైపు బలంగా గాలి ఊది ఉత్పత్తి చేయవచ్చును. ఇటువంటి పౌనఃపున్యములను "అతిస్వరములు" అంటారు.



పటము 11.42 తెరచిన గొట్టములో రెండు అస్పందన స్థానములు మూడు ప్రస్పందన స్థానములను కలిగిన రెండవ స్థాయి కంపనము

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 269 28-02-2023 13:31:27

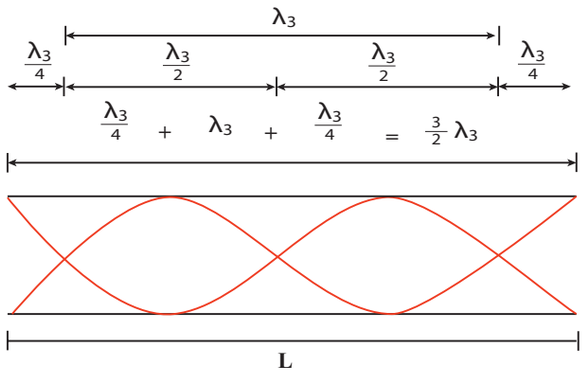
పటము 11.42 లో చూపిన విధముగా తెరచిన గొట్టములోని రెండవ స్థాయి కంపనమును ప్రదర్శిస్తాయి. ఇందులో రెండు అస్పందన స్థానాలు, మూడు ప్రస్పందన స్థానాలు కలవు.

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

పౌనఃపున్యము

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

దీనిని 'మొదటి అతిస్వరం' అంటారు. $n = 2$ కనుక ఇది రెండవ హరాత్మకం అవుతుంది.



పటము 11.43 మూడు అస్పందన స్థానాలు నాలుగు ప్రస్పందన స్థానాలను కలిగిన మూడవ స్థాయి కంపనము.

పై పటము 11.43 లో చూపినట్లు మూడు అస్పందన స్థానాలు నాలుగు ప్రస్పందన స్థానాలను కలిగిన మూడవ స్థాయి కంపనము చూపబడినది.

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

పౌనఃపున్యము

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

దీనిని "రెండవ అతిస్వరం" అంటారు. ఇందులో $n = 3$ కనుక ఇది 3 వ హరాత్మకం అవుతుంది.

కావున తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టం అన్ని రకాల హరాత్మకం మరియు పౌనఃపున్యములను కలిగి ఉన్నందువలన n వ హరాత్మకం $f_n = nf_1$ అవుతుంది. కావున హరాత్మకం యొక్క పౌనఃపున్యము నిష్పత్తి

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

ఉదాహరణ 11.25

ఒక పిల్లన గ్రోవి ఒక స్వరంను $450Hz$ పౌనఃపున్యముతో ధ్వనిని ఉత్పత్తి చేస్తే రెండవ, మూడవ మరియు నాల్గవ హరాత్మక పౌనఃపున్యమును కనుగొనండి. సన్నాయి అదే స్వరమును $450Hz$ తో స్వరమును ఉత్పత్తి చేసే దానిచే ఉత్పత్తి చేయబడు మూడు అత్యల్ప, హరాత్మక పౌనఃపున్యమును కనుగొనండి.

సాధన

తెరచిన గొట్టమైనా పిల్లన గ్రోవిలో

రెండవ హరాత్మకం $f_2 = 2 f_1 = 900 \text{ Hz}$

మూడవ హరాత్మకం $f_3 = 3 f_1 = 1350 \text{ Hz}$

నాల్గవ హరాత్మకం $f_4 = 4 f_1 = 1800 \text{ Hz}$

మూసిన గొట్టమైన సన్నాయిలో

రెండవ హరాత్మకం $f_2 = 3 f_1 = 1350 \text{ Hz}$

మూడవ హరాత్మకం $f_3 = 5 f_1 = 2250 \text{ Hz}$

నాల్గవ హరాత్మకం $f_4 = 7 f_1 = 3150 \text{ Hz}$

ఉదాహరణ 11.26

మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టంలో మూడవ హరాత్మకం తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టంలో ప్రాథమిక పౌనఃపున్యమునకు సమానమైతే మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టం పొడవు 30 సెం.మీ ఉన్నప్పుడు తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టం యొక్క పొడవును కనుగొనండి?

సాధన

తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టం యొక్క పొడవు (l_2) అనుకొందాం. మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టం యొక్క పొడవు $l_1 = 30$ సెం.మీ

మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టంలో మూడవ హరాత్మకం తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టంలో ప్రాథమిక పౌనఃపున్యమునకు సమానం అని ఇవ్వబడింది.

మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టంలో మూడవ హరాత్మకం

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

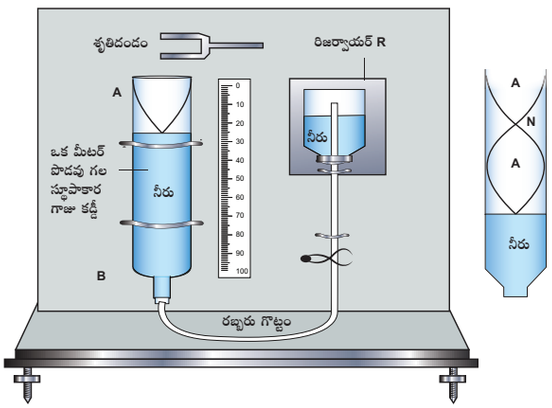
11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 270 28-02-2023 13:31:29

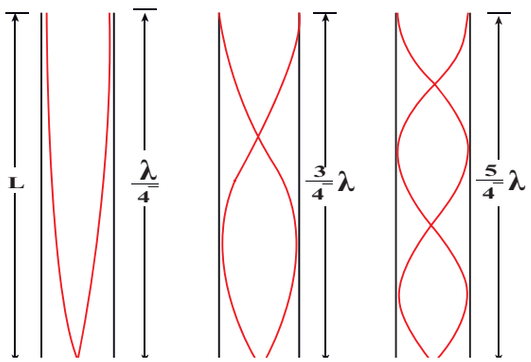
తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టం యొక్క ప్రాథమిక పౌనఃపున్యము $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2l_2}$

కావున

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

11.10.1 అనునాద గాలిస్తంభ పరికరం (Resonance air column apparatus)





పటము 11.44 అనునాద గాలిస్తంభ పరికరం మరియు మొదటి రెండవ మరియు మూడవ అనునాదం.

అనునాద గాలిస్తంభ పరికరం గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గాలిలో ధ్వని వేగాన్ని కొలిచే ఒక సాధారణ సాంకేతికతను కలిగినది ఇది పటం 11.44 చూపినట్లు తెరచినకొన A మరియు నీటి రిజర్వాయర్ R తో రబ్బరు గొట్టం ద్వారా సంధానించబడిన మరొక కొన B ను కలిగిన 1 మీ॥ పొడవుతో స్థూపాకార గాజు గొట్టంను కలిగి వుంటుంది. ఈ స్థూపాకార గాజు గొట్టం నిట్టనిలువుగా గల స్టాండ్‌కు అమర్చిన స్క్రేలుతో పాటు బిగించబడి వుంటుంది. గొట్టం నీటిచే పాక్షికంగా నింపబడి నీటి మట్టంను రిజర్వాయర్ R సహాయంతో మార్చదగినట్లుగా వుంటుంది. రిజర్వాయర్‌లోని ఎత్తును మార్చుట ద్వారా నీటి మట్టమును తగినట్లు మార్చుతారు. ఇప్పుడు ఇది ఒక మూసి వుంచిన ఆర్గాన్ గొట్టం వలె పనిచేస్తుంది. ఇందులో నీటి ఉపరితలం వద్ద అస్పందన స్థానం మూసిన కొన వద్ద ప్రస్పందన స్థానం ఏర్పడుతుంది. ఒక కంపనం చెందుచున్న శృతి దండంను గొట్టం తెరచిన కొన వద్దకు తీసుకెళ్ళినపుడు గొట్టంలోని గాలి స్తంభంలో అనుదైర్ఘ్య తరంగాలు ఏర్పడుతాయి. ఇది పటం 11.44 లో చూపినట్లు క్రింది దిశలో చలించే నీటి ఉపరితలాన్ని తాకి పరావర్తనం చెంది నిలకడ తరంగాలను (స్థిర తరంగాలను) ఏర్పరుస్తాయి. ఒక బిగ్గర ధ్వని ఏర్పడునంత వరకు నీటి మట్టమును మార్చుట ద్వారా గాలిస్తంభ పొడవును మార్చవలెను. ఒక నిర్దిష్ట గాలిస్తంభంలోని తరంగ పౌనఃపున్య పొడవుకు శృతి దండం యొక్క పౌనఃపున్యముతో అనునాదం చెందుతాయి. (శృతి దండం యొక్క సహజ పౌనఃపున్యము) అనునాదం యొక్క ఉత్పత్తి అయిన ధ్వని తరంగ పౌనఃపున్యము శృతి దండం యొక్క పౌన:పున్యానికి సమానం అవుతుంది. ఇది గాలి స్తంభ పొడవు $\left(\frac{1}{4}\right)$ వ వంతు ఉత్పత్తి అయిన ధ్వని తరంగాల తరంగ ధైర్ఘ్యమునకు అనులోమానుపాతంలో ఉన్నప్పుడు మాత్రమే ఏర్పడుతుంది.

అప్పుడు మొదటి అనునాదం L_1 పొడవు వద్ద ఏర్పడినది అనుకొంటే

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

ప్రస్పందన స్థానాలు ఖచ్చితంగా తెరచిన కొనవద్ద ఏర్పడదు. మనము దీనికి ఒక సవరణము కలపవలెను దానినే "కొన సవరణ" (e) (end correction) అంటారు. అనగా ప్రస్పందన స్థానం తెరచిన కొన నుండి కొంత దూరంలో ఏర్పడినది అని ఊహించాలి. ఈ కొన సవరణను మొదటి అనువాదమునకు కలిపిన యెడల

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

రెండవ అనునాదమును పొందుటకు మనం గాలి స్తంభ పొడవును పెంచవలెను. రెండవ అనునాదం

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 271 28-02-2023 13:31:32

ఏర్పడు గాలిస్తంభ పొడవు L_2 అయితే మరలా మనం కొన సవరణను చేర్చుకోవాలి

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

కొన సవరణను తొలగించుటకు సమీకరణం (11.82) నుండి 11.81 ని తీసివేయగా

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

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

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

పై సూత్రము ఉపయోగించి గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద ధ్వని వేగమును లెక్కించవలెను.

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

కొన సవరణను లెక్కించుటకు సమీకరణం (11.81) మరియు (11.82) ను ఉపయోగించగా

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

ఉదాహరణ 11.27

స్థిర పౌనఃపున్యము 343 Hz కలిగిన ఒక పౌనఃపున్య జనని 1.0 మీ ఎత్తుగల గొట్టంపై కంపిస్తున్నది. ఈ గొట్టమును నెమ్మదిగా నీటితో నింపడానికి ఒక నీటి పంపును ఆన్ చేశారు. అనునాదం పొందడానికి నీటి ఎత్తు ఎంత వుండవలెను. (గాలిలో ధ్వని వేగం 343 మీ సె$^{-1}$)

సాధన

తరంగదైర్ఘ్యం, $\lambda = \frac{c}{f}$

$$\lambda = \frac{343\,ms^{-1}}{343\,Hz} = 1.0 \text{ మీ}$$

అనునాద స్తంభముల ఎత్తు L_1, L_2, L_3 అనుకొందాం అయితే మొదటి అనునాదం L_1 పొడవు వద్ద ఏర్పడుతుంది.

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

రెండవ అనునాదం L_2 పొడవు వద్ద ఏర్పడుతుంది.

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

మూడవ అనునాదం L_3 పొడవు వద్ద ఏర్పడుతుంది.

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

కానీ గొట్టం యొక్క మొత్తం పొడవు 1.0 మీ కావున మూడవ మరియు దాని అనంతరం ఏర్పడు అనునాదములు ఇందులో సాధ్యం కాదు. కనుక అనునాదం ఏర్పడుటకు కావలసిన నీటి కనిష్ట ఎత్తు

$$H_{\text{కనిష్టం}} = 1.0 \text{ మీ} - 0.75 \text{ మీ} = 0.25 \text{ మీ}$$

ఉదాహరణ 11.28

ఒక విద్యార్థి అనునాద గాలిస్తంభం పద్ధతిని ఉపయోగించి గాలిలో ధ్వని వేగంను కనుగొనుటకు ఒక ప్రయోగంను నిర్వహించెను. ప్రాథమిక శ్రేణిలో శృతి దండంతో 0.2 మీ వద్ద గాలిస్తంభం పొడవు వద్ద అనునాదం ఏర్పడుతుంది. అదే శృతి దండంతో గాలిస్తంభమును మార్చి మొదటి అతిస్వరమును 0.7 మీ వద్ద పొందెను. అయితే కొన సవరణను లెక్కించండి?

సాధన

కొన సవరణ

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

ఉదాహరణ 11.29

ఒక శృతి దండంతో గాలిస్తంభంలో అనునాదమును ఏర్పరుచుటకు ఉపయోగించామని అనుకొందాము. ఇందులో గాలిస్తంభం గాజుతో చేయబడిన గొట్టం దీని పొడవును ఒక పిస్టన్ సహాయంతో మార్చవచ్చును. గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద 20 cm మరియు 85 cm స్తంభపు ఎత్తుల వద్ద రెండు వరుస అనునాదములు పరిశీలించబడినది. పొడవు యొక్క పౌనఃపున్యము 256 Hz అయితే గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గాలిలో ధ్వని వేగాన్ని లెక్కించండి.

సాధన

రెండు వరుస అనునాద గాలిస్తంభాల పొడవు $L_1 = 20$ cm, $L_2 = 85$ cm

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 272 28-02-2023 13:31:35

పౌనఃపున్యము $f = 256$ 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 డాప్లర్ ఫలితం (DOPPLER EFFECT)

మీరు రైల్వే ప్లాట్‌ఫాం మీద నిలబడి వేగంగా మీ వైపుకు పయనిస్తున్న ఒక రైలు వేసే కూతను వింటున్నట్లు ఊహిద్దాం. ఇక్కడ రైలు మీకు దగ్గరగా వస్తునప్పుడు మీరు వినే పిచ్ (పౌనఃపున్యము) ఎక్కువగాను రైలు మీ నుండి దూరంగా పోతున్నప్పుడు వినే పిచ్ తక్కువగాను ఉంటుంది. ఇది డాప్లర్ ఫలితమునకు ఒక ఉదాహరణ.

ఇది ధ్వనిజనకం మరియు పరిశీలకుడు మధ్య ఏర్పడు సాపేక్ష చలనం వలన ఏర్పడుతుంది. ఈ చలన సంబంధిత పౌనఃపున్యములోని మార్పును మొట్టమొదట ఆస్ట్రియా దేశపు గణిత వేత్త మరియు భౌతిక శాస్త్రవేత్త జోహన్ క్రిస్టియన్ డాప్లర్ (1803 – 1853) పరిశీలించి అధ్యయనం చేశారు.

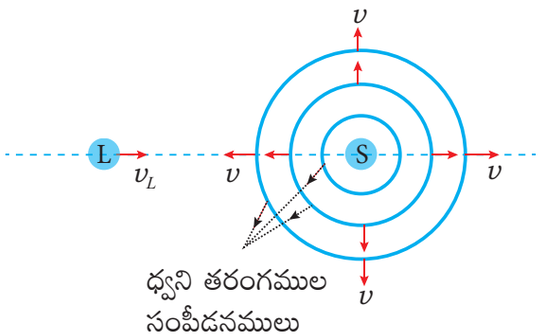
ధ్వని జనకం మరియు పరిశీలకుడు మధ్య సాపేక్ష చలనం ఉన్నప్పుడు పరిశీలకుడు గ్రహించే ధ్వని పౌనఃపున్యము జనకం ఉత్పత్తి చేసే ధ్వని పౌనఃపున్యము వేరు వేరుగా వుంటుంది. దీనినే **"డాప్లర్ ఫలితం"** అంటారు.

డాప్లర్ ఫలితం ఒక తరంగ దృగ్విషయం కనుక ఇది ధ్వని తరంగాలలోనే కాకుండా కాంతి మరియు ఇతర విద్యుదయస్కాంత తరంగాలలో కూడా ఏర్పడుతుంది. ఇక్కడ మనం ధ్వనికి సంబంధించి వేరే వేరే సంధర్భాలలో ఏర్పడిన డాప్లర్ ఫలితాన్ని పరిశీలించి, పరిశీలకుడు గ్రహించిన పౌనఃపున్యమునకు సమీకరణంను ఉత్పాదిద్దాం.

> స్థిర పరిశీలకుడు (***Stationary observer***) మరియు స్థిర జనకం (***stationary source***) అనగా పరిశీలకుడు మరియు జనకం రెండూ కూడా యానకం పరంగా నిశ్చలంగా ఉన్నాయని అర్థం.

i) పరిశీలించిన పౌనఃపున్యము – స్థిర జనకం మరియు చలిస్తున్న పరిశీలకుడు:

యానకం (గాలి) పరంగా (S) అనే ధ్వని జనకం నిశ్చలంగా ఒక ప్రదేశంలో ఉంచబడినది అనుకొందాం. యానకం సమరీతిగా మరియు అది కూడా నిశ్చలంగా ఉన్నట్లుగా ఊహిద్దాం. జనకం f పౌనఃపున్యము, λ తరంగ ధైర్ఘ్యం గల తరంగములను ఉత్పత్తి చేస్తుంది.



పటము 11.45 స్థిర జనకం వైపుగా కదులుచున్న పరిశీలకుడు

ధ్వని జనకం నుండి ధ్వని తరంగాలు v వేగంతో అన్ని దిశలలోకి గోళాకార తరంగ రూపంలో వ్యాపిస్తాయి. సంపీడనాలు (తరంగాలు) పై పటం (11.45) లో ఏకకేంద్ర వృత్తాలుగా సూచించబడినది. రెండు వరుస సంపీడనాల మధ్య దూరం దాని తరంగధైర్ఘ్యం λ కు సమానం మరియు దాని పౌనఃపున్యము

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

పరిశీలకుడు L స్థిరంగా వున్నప్పుడు ధ్వని జనకం మరియు పరిశీలకునికి మధ్యలో ఎటువంటి సాపేక్ష చలనం వుండదు. v మరియు λ మారలేదు కనుక పౌనఃపున్యము పరిశీలకుడు గ్రహించిన ధ్వని పౌనఃపున్య జనకం f కు సమానంగా వుంటుంది.

ఇప్పుడు పటం (11.45) లో చూపినట్లు స్థిర జనకం వైపు పరిశీలకుడు కదిలెను అనుకొందాం. పరిశీలకుని వేగం v_L అయితే పరిశీలకుని పరంగా ధ్వని సాపేక్ష వేగం $v' = v + v_L$ అవుతుంది. కానీ తరంగధైర్ఘ్యములో మార్పులేదు కావున (ఎందుకనగా జనకం నిశ్చలంగా వున్నది) పరిశీలకుడు గ్రహించిన ధ్వని పౌనఃపున్యము మారుతుంది మరియు మారిన పౌనఃపున్యము f'

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 273 28-02-2023 13:31:36

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

సమీకరణం (11.83) నుండి,

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

(ధ్వని జనకం వైపుగా పరిశీలకుడు కదిలినప్పుడు)

పరిశీలించిన పౌనఃపున్యము జనకం పౌనఃపున్యము కంటే ఎక్కువ ఉంటే పరిశీలకుడు స్థిరంగా వున్న జనకం వైపుగా కదిలాడని అర్థం.

ఒక వేళ పరిశీలకుడు జనకం నుండి దూరంగా వెళ్ళినప్పుడు పరిశీలించిన పౌనఃపున్యమును సమీ॥ (11.84) లో v_L విలువకు ఋణాత్మక సంజ్ఞను గుర్తించి పొందవచ్చును.

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

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

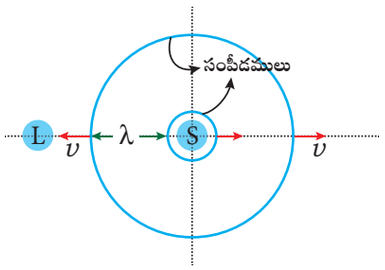
(పరిశీలకుడు జనకం నుండి దూరంగా వెళ్ళినపుడు)

పరిశీలించిన పౌనఃపున్యము ధ్వని జనక పౌనఃపున్యము కంటే తక్కువ అనగా పరిశీలకుడు జనకం నుండి దూరంగా వెళ్ళాడని అర్థం.

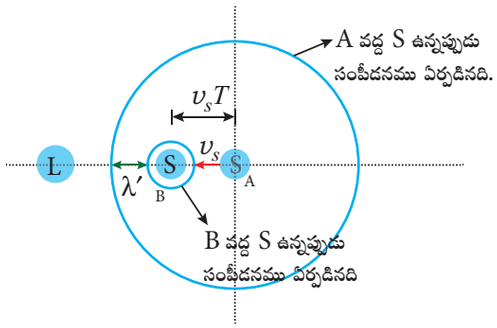
ii) పరిశీలించిన పౌనఃపున్యము – కదులుచున్న జనకం మరియు స్థిరంగా ఉన్న పరిశీలకుడు

(11.46) (ఆ) లో చూపిన విధంగా జనకం S మరియు పరిశీలకుడు L రెండూ నిశ్చల స్థితిలో ఉన్నావని అనుకొందాం. రెండు ఆసన్న సంపీడనములు రెండు ఏకకేంద్ర వృత్తములచే చూపబడియున్నది. రెండవ సంపీడనము అప్పుడే వెలువడి అది జనకమునకు దగ్గరగానే వున్నది. రెండు వరుస సంపీడనముల మధ్య దూరము ధ్వని యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము λ కు సమానము, అయితే సంపీడనము ఏర్పడుటకు పట్టు కాలము.

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



(అ) నిశ్చల స్థితి వద్ద జనకము



(ఆ) జనకము చలిస్తున్నప్పుడు

పటము 11.46 స్థిర పరిశీలకుని వైపు జనకము కదులుచున్నప్పుడు

ఇప్పుడు పరిశీలకుడు స్థిరంగా వుండి జనకము పరిశీలకుని వైపుగా కదులుచున్నప్పుడు (పటము 11.46 (ఆ)) జనకపు వేగము v_s ధ్వని వేగం v కన్నా తక్కువగా వున్నట్లు పరిగణిద్దాం.

T కాలములో మొదటి సంపీడనము $vT = \lambda$ దూరము ప్రయాణిస్తుంది మరియు జనకము v_sT దూరము చలిస్తుంది. ఫలితముగా రెండు ఆసన్న సంపీడనముల దూరము λ నుండి $\lambda' = \lambda - v_sT$ కు తగ్గుతుంది. అప్పుడు పరిశీలకునిచే గ్రహించబడిన ధ్వని తరంగధైర్ఘ్యం

$$\lambda' = \lambda - v_sT = \lambda - \left(\frac{v_s}{f}\right)$$

పరిశీలించబడిన పౌనఃపున్యము

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

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 274 28-02-2023 13:31:38

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

(జనకం పరిశీలకుని వైపు కదులుచున్నది)

కావున స్థిరంగా వున్న పరిశీలకుని వైపు ధ్వని జనకము వచ్చునపుడు పరిశీలించిన పౌనఃపున్యము ధ్వని జనక పౌనఃపున్యము కంటే ఎక్కువగా ఉండును.

స్థిరంగా వున్న పరిశీలకుని నుండి ధ్వని జనకము దూరంగా వెళ్ళునపుడు, సమీకరణము (11.86) లో v_S కు ఋణాత్మక విలువ ఇచ్చుట ద్వారా పరిశీలించిన పౌనఃపున్యమును పొందవచ్చును.

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

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

(జనకం పరిశీలకుని నుండి దూరంగా కదులుచున్నది)

కావున స్థిరంగా వున్న పరిశీలకుని నుండి జనకము దూరముగా వెళ్ళుచున్నప్పుడు పరిశీలించిన పౌనఃపున్యము జనక పౌనఃపున్యము కంటే తక్కువగా వుంటుంది.

iii) పరిశీలించిన పౌనఃపున్యము : జనకము మరియు పరిశీలకుడు రెండూ చలనములో ఉన్నప్పుడు

జనకము మరియు పరిశీలకుడు రెండూ చలనములో ఉన్నప్పుడు పరిశీలించిన పౌనఃపున్యమును సమీకరణము (11.84) మరియు (11.86) సమీకరణముల సంకలనము ద్వారా పొందవచ్చును.

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

పై సమీకరణములో సంజ్ఞా సంప్రదాయమును రెండు విధములుగా ఉపయోగించిరి. మొదటిది జనకము లేదా పరిశీలకుడు ఒక దాని వైపు మరొకటి దగ్గరగా వచ్చినపుడు v_S మరియు v_L విలువలు ధనాత్మకంగా, రెండవది జనకము లేదా పరిశీలకుడు ఒకదాని నుండి మరొకటి దూరముగా వెళ్ళినపుడు v_S మరియు v_L విలువలు ఋణాత్మకంగా తీసుకొనబడినది.

పట్టిక (11.4) లో జనకము మరియు పరిశీలకుడు సాపేక్ష చలనములో ఉన్నప్పుడు వేర్వేరు సంధర్భములో పరిశీలించబడిన పౌనఃపున్యములు ఇవ్వబడినది.

గమనిక

ధ్వని వేగములోని మార్పు (పరిశీలకుడు కదులుచూ జనకము స్థిరంగా వున్నప్పుడూ) లేదా ధ్వని తరంగదైర్ఘ్యంలో మార్పు ఏర్పడును అనునది గమనించవలసిన అంశము ఒక వేళ పరిశీలకుడు మరియు జనకము రెండూ కదులుచున్నప్పుడు ధ్వని వేగములోని మార్పు మరియు తరంగదైర్ఘ్యములోని మార్పుల వలన పౌన:పున్యములో మార్పు ఏర్పడుతుంది.

మీకు తెలుసా?

ఒక ధ్వని జనకము ధ్వని వేగము కంటే ఎక్కువ వేగము అనగా అతిధ్వనిక (supersonic) వేగంతో చలిస్తున్నప్పుడు పరిశీలించబడిన పౌన:పున్యమునకు సంబంధించిన సమీకరణము (11.84) మరియు (11.86) లు ఉపయోగపడవు మరియు జనకమునకు ముందు నిలబడి వున్న స్థిర పరిశీలకుడు ఎటువంటి ధ్వనిని వినలేడు. ఎందుకనగా ధ్వని తరంగములు జనకమునకు వెనుక వైపే వుంటుంది. ఇటువంటి వేగముల వద్ద క్రొత్తగా ఉత్పత్తి అయిన తరంగములు ముందుగానే ఉత్పత్తి అయిన తరంగములతో నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం జరిగి అధిక కంపన పరిమితి గల ధ్వని ఏర్పడును. దీనినే 'షాక్ తరంగములు' అదే 'సోనిక్ బూమ్' అని అంటారు.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 275 28-02-2023 13:31:39

పట్టిక 11.4 వేర్వేరు సంధర్భములకు పరిశీలించబడిన పౌన:పున్యము		
వ.సం.	సందర్భము	పరిశీలించబడిన పౌన:పున్యము
1	స్థిర S వైపుగా L చలించినపుడు	$f' = \left(\frac{v + v_L}{v}\right) f$
2	స్థిర S నుండి L దూరంగా వెళ్ళినపుడు	$f' = \left(\frac{v - v_L}{v}\right) f$
3	స్థిర L వైపుగా S చలించినపుడు	$f' = \left(\frac{v}{v - v_S}\right) f$
4	స్థిర L నుండి S దూరంగా వెళ్ళినపుడు	$f' = \left(\frac{v}{v + v_S}\right) f$
5	S మరియు L ఒకదాని వైపు మరొకటి దగ్గరగా వచ్చినపుడు	$f' = \left(\frac{v + v_L}{v - v_S}\right) f$
6	S మరియు L ఒకదాని నుండి మరొకటి దూరంగా వెళ్ళినపుడు	$f' = \left(\frac{v - v_L}{v + v_S}\right) f$
7	L ను S వెంటాడినపుడు	$f' = \left(\frac{v - v_L}{v - v_S}\right) f$
8	S ను L వెంటాడినపుడు	$f' = \left(\frac{v + v_L}{v + v_S}\right) f$
9	S మరియు L ఒకదాని వైపు మరొకటి కదులుచూ మరియు ధ్వని చలించు దిశలో v_m వేగముతో యానకము కూడా చలించినపుడు	$f' = \left(\frac{(v + v_m) + v_L}{(v + v_m) - v_S}\right) f$

గమనిక

డాప్లర్ ఫలితము ధ్వనిలో అసౌష్టవంగా **(asymmetric)** గానూ మరియు కాంతిలో సౌష్టవం **(symmetric)** గాను వుంటుంది. స్థిరముగా వున్న పరిశీలకుని వైపు ధ్వని జనకము కదలినపుడు చలన వేగములు సమానమైనప్పటికీ పరిశీలించబడిన పౌనఃపున్యములు సమానముగా వుండవు. రెండు సంధర్భములలో సాపేక్ష చలనము సమానముగా వున్నప్పటికీ పరిశీలించబడిన పౌన:పున్యము వేర్వేరుగా వుంటుంది. కనుక ధ్వనిలో డాప్లర్ ఫలితము అసౌష్టవము అని చెప్పవచ్చును. కారణం ఏమనగా ధ్వని తరంగ ప్రసారమునకు యానకము అవసరం మరియు ధ్వని తరంగ వేగము యానకము పరంగా మారుతుంది. కాని కాంతి మరియు ఇతర విద్యుదయస్కాంత వికిరణముల విషయములో రెండు రకములుగా వుంటుంది. కనుక కాంతి మరియు ఇతర విద్యుదయస్కాంత తరంగముల విషయములో డాప్లర్ ఫలితము సౌష్టవము, ఎందుకనగా కాంతి ప్రసారము యానకముపై ఆధారపడదు.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 276 28-02-2023 13:31:41

ఉదాహరణ 11.30

1500 Hz పౌనఃపున్యము గల ఒక ధ్వని తరంగ జనని పరిశీలకుని నుండి దూరముగా వెళ్ళి కొండ వైపుగా 6 మీ. సె$^{-1}$ వేగముతో చలించున్నది. అయితే

(అ) ధ్వని జనకము నుండి ప్రత్యక్షముగా వచ్చే ధ్వని పౌనఃపున్యమును లెక్కించండి.

(ఆ) కొండను ఢీకొని పరావర్తనం చెందిన ధ్వని పౌనఃపున్యమును లెక్కించండి. (ఇందులో గాలిలో ధ్వని వేగము 330 మీ. సె$^{-1}$ అని ఊహించండి)

సాధన

(అ) ధ్వని జనకము స్థిరముగా గల పరిశీలకుని నుండి దూరముగా పోవుచున్నది. అయితే ధ్వని జనకము నుండి ప్రత్యక్షముగా వినగలిగే ధ్వని పౌనఃపున్యము

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

(ఆ) కొండను ఢీకొని పరావర్తనము చెంది పరిశీలకుని చేరిన ధ్వని పౌనఃపున్యము

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

ఉదాహరణ 11.31

స్టేషన్ వైపుగా ఒక రైలు మరియు స్టేషన్ నుండి దూరముగా పోవు మరొక రైలు రెండూ కూడా 8 మీ. సె$^{-1}$ వేగముతో చలించునట్లు ఒక పరిశీలకుడు గమనించెను. రెండు రైళ్ళు 240 హెర్ట్జ్ పౌనఃపున్యముతో కూతను వేసినపుడు పరిశీలకుడు గ్రహించిన విస్పందనాల సంఖ్యను లెక్కించండి.

సాధన

పరిశీలకుడు స్థిరముగా ఉన్నాడు

(i) ధ్వని జనకము (రైలు) పరిశీలకుని వైపు కదులుచున్నప్పుడు అనగా స్టేషను వైపుగా వచ్చే రైలు వలన పరిశీలించబడు ధ్వని పౌనఃపున్యము

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

(ii) ధ్వని జనకము (రైలు) పరిశీలకుని నుండి దూరముగా వెళ్ళినపుడు అనగా స్టేషను నుండి దూరముగా పోయే రైలు వలన పరిశీలించబడిన ధ్వని పౌనఃపున్యము

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

అయితే విస్పందనాల సంఖ్య $f_{\text{లోపల}}$ $f_{\text{వెలుపల}}$ = (246–234) = 12

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 277 28-02-2023 13:31:43

సారాంశము:

- యానకము బదిలీ చెందకుండా అందులో ఒక బిందువు నుండి మరొక బిందువు వద్దకు శక్తి మరియు ద్రవ్య వేగమును కొనిపోయే అలజడిని తరంగము అంటారు.
- తరంగ ప్రసారము కొరకు యానకము అవసరమైన తరంగములను యాంత్రిక తరంగములు అంటారు.
- తరంగ ప్రసారము కొరకు యానకము అవసరము లేని తరంగములను యాంత్రికేత్తర తరంగములు అంటారు.
- తిర్యక్ తరంగములలో యానకములోని కణములు తరంగ ప్రసార దిశకు లంబంగా కంపిస్తాయి.
- అనుదైర్ఘ్య తరంగములలో యానకములోని కణములు తరంగ ప్రసార దిశకు సమాంతరంగా కంపిస్తాయి.
- తరంగ ప్రసారమునకు ఒక యానకము స్థితి స్థాపకత మరియు జడత్వ ధర్మములను కలిగి ఉండాలి.
- నిలకడగా ఉన్న నీటిలో ఏర్పడు తరంగములు (అలలు) తిర్యక్ తరంగములు మరియు శృతి దండ కంపనం వలన ఏర్పడు తరంగములు అనుదైర్ఘ్య తరంగములు
- రెండు ఆసన్న శృంగము లేదా ద్రోణిల మధ్య దూరమును తరంగ దైర్ఘ్యం λ అంటారు.
- యానకములో ఒక బిందువును ఒక సెకను కాలములో దాటి వెళ్ళే తరంగముల సంఖ్యను పౌన:పున్యము f అంటారు.
- తరంగము ఒక బిందువును దాటి వెళ్ళడానికి పట్టే కాలమును ఆవర్తన కాలము T అంటారు.
- తరంగ వేగము $v = \lambda f$
- పౌన:పున్యము ధ్వని జనకముపై ఆధారపడును మరియు తరంగ వేగము యానకముపై ఆధారపడును.
- ఒక సాగదీయబడిన తీగలో ఏర్పడిన తిర్యక్ తరంగముల వేగము తీగ తన్యత మరియు ప్రమాణ పొడవుకు తీగ ద్రవ్యరాశి పై ఆధారపడి ఉంటుంది. ఇది తీగ ఆకారముపై ఆధారపడదు.
- ఒక తీగలో తిర్యక్ తరంగముల వేగము $v = \sqrt{\frac{T}{\infty}}\, ms^{-1}$.
- స్థితి స్థాపక యానకములో అనుదైర్ఘ్య తరంగముల వేగము $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}\, ms^{-1}$.
- $20^{\circ}C$ వద్ద ఒక పరావర్తన గోడ నుండి ప్రతి ధ్వనిని వినడానికి కావలసిన కనీస దూరం 17.2 మీ
- $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$ ఒక ఏకమితీయ తరంగ సమీకరణము.
- తరంగ సంఖ్య $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ రేడియన్ మీ$^{-1}$.
- వ్యతికరణము జరుగునపుడు ఫలిత తీవ్రత $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\varphi$, ఇక్కడ తీవ్రత అనునది కంపన పరిమితి వర్గమునకు సమానం $I = A^2$.

  నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణమునకు $I_{\text{గరిష్ఠం}} = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2 = \left(A_1 + A_2\right)^2$.

  వినాశక వ్యతికరణమునకు, $I_{\text{కనిష్ఠం}} = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2}\right)^2 = (A_1 - A_2)^2$.
- స్వల్ప పౌన:పున్యము గల రెండు అంతకన్నా ఎక్కువ తరంగములను అధ్యారోపణము చెందించినపుడు పరిశీలించబడు బిందువు వద్ద ఆవర్తనముగా మార్పు చెందు కంపన పరిమితితో ధ్వని వినబడుతుంది. దీనినే విస్పందనాలు అంటారు. ఒక సెకను కాలములో ఏర్పడు గరిష్ట కంపన పరిమితుల సంఖ్యను విస్పందన పౌన:పున్యం అంటారు.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 278 28-02-2023 13:31:46

సారాంశము: (cont.)

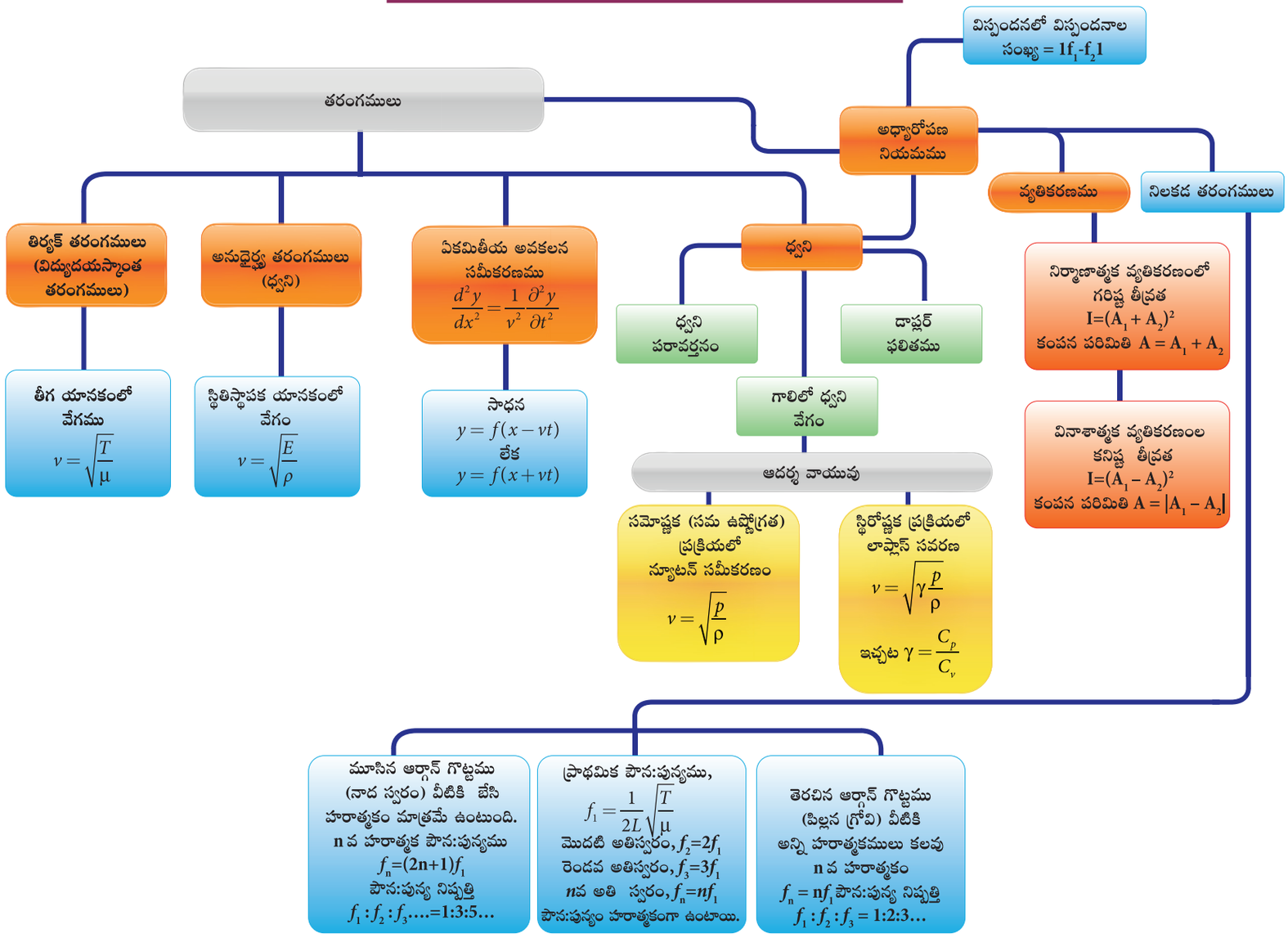
- సహజ పౌన:పున్యమును వాటి ప్రాథమిక పౌన:పున్యముల పూర్ణాంక రెట్లుగా వ్రాసిన యెడల ఆ పౌన:పున్యములు హరాత్మకములో ఉన్నవని అంటారు. మొదటి హరాత్మకం $\nu_1 = \nu_1$ (ప్రాథమిక పౌన:పున్యమును 'మొదటి హరాత్మకం' అంటారు). రెండవ హరాత్మకం $\nu_2 = 2\,\nu_1$ మరియు మూడవ హరాత్మకం $\nu_3 = 3\,\nu_1$ ఇలా కొనసాగుతూ ఉంటుంది.
- చెవిలో ఉత్పత్తి అయిన ధ్వని భావన యొక్క తీవ్రతను లేదా పరిశీలకుడు గ్రహించిన ధ్వనిని బిగ్గరత అంటారు.
- ధ్వని తరంగ ప్రసార దిశకు లంబంగా ప్రమాణ వైశాల్యముపై బదిలీ అయ్యే ధ్వని సామర్థ్యమును ధ్వని తీవ్రత అంటారు.
- ధ్వని తీవ్రత స్థాయి, $\Delta L = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_0}$, డెసిబెల్.
- ఒక మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టమునకు బేసి హరాత్మకము ఉంటుంది మరియు దీని n వ హరాత్మక పౌన:పున్యం $f_n = (2n + 1) f_1$ అవుతుంది.
- ఒక మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టములో హరాత్మక పౌన:పున్యముల నిష్పత్తి

  $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 3 : 5 : 7 : \ldots$
- ఒక తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టమునకు అన్ని హరాత్మకములు ఉంటాయి. దాని n వ హరాత్మక పౌన:పున్యం $f_n = n f_1$ అవుతుంది..
- తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టములో హరాత్మక పౌన:పున్యముల నిష్పత్తి

  $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 2 : 3 : 4 : \ldots$
- జనకము మరియు పరిశీలకుని మధ్య సాపేక్ష చలనము ఉన్నప్పుడు పరిశీలకుడు గ్రహించిన పౌన:పున్యం ధ్వని జనక పౌన:పున్యముతో వేరుగా ఉంటుంది. దీనినే డాప్లర్ ఫలితము అంటారు.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 279 28-02-2023 13:31:47

భావన చిత్రపటము



11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 280 28-02-2023 13:31:48

I. బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు:

1. విద్యార్థి గిటార్‌ను శృతి దండము సహాయంతో 120 హెర్ట్జ్:పున్యముతో మీటెను. అతడు వెను వెంటనే గిటార్ 4 వ తీగను మీటెను. విద్యార్థి తీక్షణంగా గమనించినపుడు, సెకనుకు 3 సార్లు డోలనం చెందు సమ్మిళిత ధ్వని కంపన పరిమితిని వినెను. అయితే గిటార్‌లో 4 వ తీగ యొక్క పౌనఃపున్యము క్రింది వానిలో ఏ విలువకు సమానంగా ఉంటుంది.

అ) 130 ఆ) 117

ఇ) 110 ఈ) 120

2. ఒక తిర్యక్ తరంగము A యానకము నుండి B యానకములోనికి చలించెను A యానకములో తిర్యక్ తరంగ వేగము 500 మీ సె$^{-1}$ మరియు తరంగ ధైర్ఘ్యము 5 మీ. B యానకములో తరంగ వేగము 600 మీ సె$^{-1}$ అయితే B యానకంలో తరంగ పౌనఃపున్యము మరియు తరంగ ధైర్ఘ్యం ఎంత?

అ) 120 హెర్ట్జ్ మరియు 5 మీ

ఆ) 100 హెర్ట్జ్ మరియు 5 మీ

ఇ) 120 హెర్ట్జ్ మరియు 6 మీ

ఈ) 100 హెర్ట్జ్ మరియు 6 మీ

3. ఒక నిర్ధిష్ట గొట్టములో ఏర్పడిన 1000 హెర్ట్జ్ కన్నా తక్కువ హరాత్మక పౌనఃపుణ్య విలువలలో 4 మాత్రమే ఇవ్వబడినవి. అవి 300 హెర్ట్జ్ , 600 హెర్ట్జ్, 750 హెర్ట్జ్ మరియు 900 హెర్ట్జ్ అయితే ఇవ్వని ఆ రెండు పౌనఃపున్యము లేవి?

అ) 100 హెర్ట్జ్, 150 హెర్ట్జ్

ఆ) 150 హెర్ట్జ్, 450 హెర్ట్జ్

ఇ) 450 హెర్ట్జ్, 700 హెర్ట్జ్

ఈ) 700 హెర్ట్జ్, 800 హెర్ట్జ్

WGFBT

4. క్రింది ఎంపికలలో సరియైనది ఏది?

A	B
(1) నాణ్యత	(A) తీవ్రత
(2) పిచ్	(B) తరంగ రూపము
(3) బిగ్గరత	(C) పౌనఃపున్యము

1,2 మరియు 3 లకు తగిన ఎంపికలు వరుసగా

అ) (B),(C) మరియు (A)

ఆ) (C), (A) మరియు (B)

ఇ) (A), (B) మరియు (C)

ఈ) (B), (A) మరియు (C)

5. రేఖీయ సాంద్రత 5g/m గల ఒక సాగదీయబడిన కమ్మీపై పయనించు తరంగము యొక్క సమీకరణమము $y = 0.03 \sin(450t - 9x)$, ఇక్కడ దూరము మరియు కాలము SI ప్రమాణములలో కొలువ బడినవి. కమ్మీలోని బిగుతు

అ) 5 N ఆ) 12.5 N

ఇ) 7.5 N ఈ) 10 N

6. గాలిలో ప్రవహిస్తున్న ఒక ధ్వని తరంగ పౌనఃపున్యము 5000 హెర్ట్జ్ ఈ తరంగం గాలిలో ప్రసరించిన తరువాత నీటి తలమును ఢీ కొన్నది. అయితే నీరు మరియు గాలిలో తరంగ ధైర్ఘ్యముల నిష్పత్తి

అ) 4.30 ఆ) 0.23

ఇ) 5.30 ఈ) 1.23

7. సమాంతరంగా ఉన్న రెండు కొండల మధ్య నిలబడి ఉన్న ఒక వ్యక్తి తుపాకి పేల్చిన t_1 సెకనుల తరువాత మొదటి ప్రతి ధ్వనిని t_2 సెకనుల తరువాత రెండవ ప్రతి ధ్వనిని విన్నాడు. అయితే 2 కొండల మధ్య గల దూరము.

అ) $\frac{v(t_1 - t_2)}{2}$ ఆ) $\frac{v(t_1 t_2)}{2(t_1 + t_2)}$

ఇ) $v(t_1 + t_2)$ ఈ) $\frac{v(t_1 + t_2)}{2}$

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 281 28-02-2023 13:31:50

8. ఒక కొన వద్ద మూయబడిన గొట్టములోని గాలిస్తంభము 83 హెర్ట్జ్ పౌనఃపున్యముతో కంపిస్తున్న వస్తువుతో అనునాదములో ఉన్నది. అయితే గాలి స్తంభం పొడవు

అ) 1.5 m ఆ) 0.5 m

ఇ) 1.0 m ఈ) 2.0 m

9. xదిశలోప్రయాణిస్తున్నఒకతరంగం స్థానభ్రంశం $y=(2\,x10^{-3})\sin(300t-2x+\frac{\pi}{4})$, అయితే x మరియు y ను మీటర్లలో t ను సెకనులలో కొలిచిన యెడల తరంగ వేగం ఎంత?

అ) 150 ms^{-1} ఆ) 300 ms^{-1}

ఇ) 450 ms^{-1} ఈ) 600 ms^{-1}

10. రెండు సమరీతి తీగలు వాటి ప్రాథమిక స్వరములచే ఏక కాలంలో కంపిస్తున్నది అనుకొందాం. రెండు తీగల తన్యత, సాంద్రత, పొడవు మరియు వ్యాసముల నిష్పత్తి వరుసగా $8:1, 1:2, x:y$ మరియు $4:1$ స్వరము యొక్క గరిష్ట పిచ్ పౌనఃపున్యము 360 Hz మరియు సెకనుకు ఉత్పత్తి అయిన విస్పందనాల సంఖ్య 10 అయితే $x:y$ విలువ ఎంత?

అ) 36 : 35

ఆ) 35 : 36

ఇ) 1 : 1

ఈ) 1 : 2

11. క్రింది వానిలో ఏది తరంగమును సూచించునది?

అ) $(x - vt)^3$ ఆ) $x(x+vt)$

ఇ) $\frac{1}{(x+vt)}$ ఈ) $\sin(x+vt)$

12. ఊయలలో ఊగుచున్న ఒక వ్యక్తి ఊయల లంబ రేఖ నుండి 60° వచ్చినపుడు 2.0 పౌనఃపున్యము గల ఈలను ఊదాడు. ఊయలను బిగించిన ఆధారము నుండి ఈల 2 మీ దూరములో ఉన్నది. ఊయలకు ముందు భాగమున ఉంచబడిన ధ్వని శోధకము ఈ ధ్వనిని గ్రహించినది. అయితే ధ్వని శోధకము గ్రహించిన ధ్వని గరిష్ట పౌనఃపున్యము

అ) 2.027 kHz ఆ) 1.974 kHz

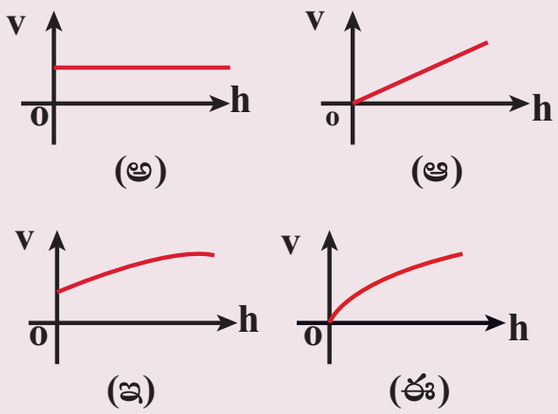
ఇ) 9.74 kHz ఈ) 1.011 kHz

13. ధ్వని x- అక్షము దిశలో ప్రసరిస్తున్న ఒక తరంగము t = 0 సెకనుల వద్ద $y=\frac{1}{1+x^2}$ కంపన పరిమితిని పొందినది. $t = 2$ సెకనుల వద్ద తరంగ కంపన పరిమితి $y=\frac{1}{1+(x-2)^2}$ తరంగ ప్రసరణ సమయంలో తరంగ ఆకారంలో మార్పు లేదు అనుకొంటే తరంగ వేగము ఎంత?

అ) 0.5m s^{-1} ఆ) 1.0m s^{-1}

ఇ) 1.5m s^{-1} ఈ) 2.0m s^{-1}

14. ఒక దృఢమైన ఆధారమునకు m ద్రవ్యరాశి గల ఒక సమరీతి దారము నిట్టనిలువుగా వ్రేలాడ దీయబడినది. దారము క్రింది కొన వద్ద ఒక తిర్యక్ తరంగ స్పందన ఏర్పరచబడినది. అయితే క్రింది కొన నుండి వేగము v మరియు ఎత్తు h తో మారే మార్పును ఏ పటము తెలియజేస్తుంది.



15. ఒక కొన మూయబడిన A అనే ఆర్గాన్ గొట్టమును మొదటి హరాత్మకములోను మరియు రెండు వైపులా తెరిచిన B అనే ఆర్గాన్ గొట్టమును మూడవ హరాత్మకములోను కంపింప చేస్తే రెండు గొట్టములు A మరియు B ఇచ్చిన శృతి దండముతో అనునాదములో ఉన్నవి. అయితే A మరియు B ల పొడవుల నిష్పత్తి

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 282 28-02-2023 13:31:52

అ) $\frac{8}{3}$ ఆ) $\frac{3}{8}$

ఇ) $\frac{1}{6}$ ఈ) $\frac{1}{3}$

జవాబులు:

1) ఆ	2) ఈ	3) ఆ	4) అ
5) ఆ	6) అ	7) ఈ	8) ఇ
9) అ	10) అ	11) ఈ	12) అ
13) ఆ	14) ఈ	15) ఇ	

II. సంక్షిప్త సమాధాన ప్రశ్నలు

1. తరంగములు అనగానేమి?
2. తరంగములోని రకములను పేర్కొనుము.
3. తిర్యక్ తరంగములు అనగానేమి? ఉదాహరణలిమ్ము
4. అనుధైర్ఘ్య తరంగములు అనగానేమి? ఉదాహరణలిమ్ము
5. తరంగధైర్ఘ్యం అనగానేమి?
6. ఒక తరంగము యొక్క పౌనఃపున్యము, తరంగ ధైర్ఘ్యము మరియు వేగముల మధ్య గల సంబంధమును రాబట్టండి.
7. తరంగముల వ్యతికరణం అనగానేమి?
8. విస్పందన దృగ్విషయమును వివరించండి.
9. కాంతి తీవ్రత మరియు కాంతి బిగ్గరత అనగానేమి?
10. డాప్లర్ ఫలితమును వివరించండి.
11. డాప్లర్ ఫలితములో ఎరుపు మరియు నీలం మార్పులను వివరించండి.
12. అనునాద గాలి స్తంభ పరికరములో కొన సవరణ అనగానేమి?
13. $y = x + a$ ప్రమేయమును గీసి వివరించండి.
14. వాయువులలో ధ్వని వేగమును ప్రభావితం చేయు కారకాలను వ్రాయండి.
15. ప్రతిధ్వని అనగానేమి? వివరించండి.

III. వ్యాసరూప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. నిలకడగా ఉన్న నీటిలో ఏ విధంగా అలలు ఏర్పడుతాయి? చర్చించండి.
2. చలన తరంగములు మరియు నిలకడ తరంగములకు మధ్య తేడాలను క్లుప్తముగా వివరించండి.
3. తీగలు ప్రసరించే ఒక తరంగ వేగం $v = \sqrt{\frac{T}{\infty}}$ అని చూపండి
4. గాలిలో ధ్వని వేగమునకు న్యూటన్ సూత్రమును తెలిపి దానికి లాప్లాస్ సవరణను చర్చించండి.
5. సమతలము నుండి వక్రతలములోకి ధ్వని తరంగ పరావర్తనము పై ఒక లఘుటీకను వ్రాయండి.
6. అధ్యారోపణ నియమమును క్లుప్తముగా వివరించండి.
7. తరంగ వ్యతికరణము ఎలా ఏర్పడుతుందో వివరించండి.
8. విస్పందనాలు ఎలా ఏర్పడుతాయి? వివరించండి
9. స్థిర తరంగములు అనగానేమి? స్థిర తరంగములు ఏర్పడు విధానము మరియు స్థిర తరంగముల లక్షణములను తెలపండి.
10. సాగదీయబడిన తీగలో తిర్యక్ తరంగ నియమమును చర్చించండి.
11. ప్రాథమిక పౌనఃపున్యము, హరాత్మకత మరియు అతి స్వరములను వివరించండి.
12. సోనో మీటర్ అనగానేమి? దాని నిర్మాణము మరియు పనిచేయు విధానము తెలపండి. సోనో మీటర్ ద్వారా శృతి దండం పౌనఃపున్యమును ఎలా కనుగొంటారో వివరించండి.
13. ధ్వని తీవ్రత మరియు ధ్వని బిగ్గరతలపై లఘుటీకను వ్రాయుము.
14. ఆర్గాన్ గొట్టములలో ఏ విధంగా అతి స్వరములు ఏర్పడుతాయో వివరించండి.

    అ) మూసిన ఆర్గాన్ గొట్టము

    ఆ) తెరచిన
15. అనునాద గాలి స్తంభ పరికరము ద్వారా ధ్వని వేగమును ఎలా నిర్ణయిస్తారు?

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 283 28-02-2023 13:31:54

16. డాప్లర్ ఫలితము అనగానేమి? అయితే క్రింది సందర్భములను చర్చించండి.

(1) చలనములో ఉన్న జనకము మరియు నిశ్చలముగా ఉన్న పరిశీలకుడు

అ) పరిశీలకుని వైపుగా జనకము చలిస్తున్నప్పుడు

ఆ) పరిశీలకుని నుండి జనకము దూరముగా చలిస్తున్నపుడు

(2) చలిస్తున్న పరిశీలకుడు మరియు నిశ్చలముగా వున్న జనకము

అ) పరిశీలకుడు జనకము వైపుగా చలిస్తున్నప్పుడు

ఆ) జనకము నుండి పరిశీలకుడు దూరముగా చలిస్తున్నపుడు

(3) రెండూ చలిస్తున్నప్పుడు

అ) జనకము మరియు పరిశీలకుడు ఒక దానికొకటి దగ్గరగా వస్తున్నపుడు

ఆ) జనకము మరియు పరిశీలకుడు ఒకదాని నుండి మరొకటి దూరంగా వెళ్ళినపుడు

ఇ) జనకము పరిశీలకుడిని వెంటాడినపుడు

ఈ) పరిశీలకుడు జనకమును వెంటాడినపుడు

IV. సమస్యలు

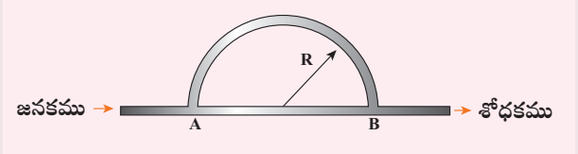
1. ఒక యానకములో తరంగ వేగము 900 m/s. యానకములోని ఒక బిందువును 2 నిమిషాలలో 3000 తరంగములు దాటినవి. అయితే తరంగధైర్ఘ్యమును లెక్కించండి. (జవాబు: λ 36 మీ)

2. 2 మోల్ హీలియం మరియు 4 మోల్ ఆక్సిజన్ గల వాయు మిశ్రమములో 300 K వద్ద ధ్వని వేగమును లెక్కించండి. (జవాబు: 400.9 మీ సె$^{-1}$)

3. సముద్రములో గల ఒక ఓడ దాని అడుగు భాగము నుండి సముద్రపు నీటిలోకి SONAR తరంగములను నేరుగా క్రిందికి పంపినది. ఈ తరంగములు సముద్రపు అడుగును తాకి 3.5 s తరువాత ఓడను చేరినది. ఓడ మరలా 100 km ప్రయాణించిన తరువాత మరొక SONAR తరంగమును పంపినపుడు అది 2 సెకనులో తిరిగి ఓడను చేరినది. అయితే పై రెండు సందర్భాలలో సముద్రపు లోతును లెక్కించి వాటి మధ్య ఎత్తులో గల తేడాను కనుగొనండి. (జవాబు: $\Delta d = 1149.75$ మీ)

4. పటములో చూపినట్లు ఒక గొట్టములో ధ్వని తరంగము ప్రసరింపచేయబడినది. ఈ తరంగము A బిందువు వద్ద రెండుగా విడిపోయి B వద్ద ఒకటైనది. అర్ధ వృత్తము యొక్క వ్యాసార్ధము R అయితే B వద్ద ఒకటిగా చేరే తరంగములు మొదటి కనిష్టమును పొందినపుడు R విలువను లెక్కించండి. ఇక్కడ ధ్వని తరంగధైర్ఘ్యం 50.0 m అని తీసుకోండి

(జవాబు: $R = 21.9\ m$)



5. N శృతి దండములు వాటి పౌనఃపున్య ఆరోహణక్రమములో అమర్చబడినవి. ఇందులో ఏవేని రెండు ప్రక్కప్రక్కనే గల శృతి దండములు ధ్వనిని ఉత్పత్తి చేయునపుడు ఒక సెకనుకు n విస్పందనాలు ఏర్పరచబడినవి. చివరి శృతి దండము మొదటి శృతి దండపు పౌనఃపున్యమునకు రెండు రెట్లు పౌనఃపున్యమును (అష్టకము) అందించినట్లయితే మొదటి శృతి దండపు పౌనఃపున్యము $f = (N-1)n$ అని చూపుము.

6. ఒకబిందువువద్దజనకంచేప్రసరింపచేయబడిన ధ్వని తరంగ తీవ్రత I ఇప్పుడు ధ్వని తరంగ కంపన పరిమితి రెండు రెట్లు పెంచి మరియు పౌనఃపున్యము 1/4 రెట్లు తగిస్తే అదే బిందువు తరంగ తీవ్రతను లెక్కించండి.

(జవాబు: I క్రొత్త $\propto \frac{1}{4}\ I$ పాత).

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 284 28-02-2023 13:31:55

7. సమాన పొడవులు గల మూసిన మరియు తెరచిన ఆర్గాన్ గొట్టములను తీసుకొందాం. మూసిన గొట్టపు ప్రాథమిక పౌన:ఫ్యన్యము 250 Hz అయితే తెరచిన గొట్టపు ప్రాథమిక పౌనఃపున్యమును లెక్కించండి.

(జవాబు: 500Hz)

8. సైరన్ ఉంచిన ఒక పోలీసు కారు 20 ms^{-1} వేగముతో చలించి $v_0 ms^{-1}$ వేగంతో చలిస్తున్న దొంగల కారును వెంటాడినది. పోలీసు కారు సైరన్ ధ్వని పౌనఃపున్యము 300Hz పోలీసు మరియు దొంగ ఇరువురు స్థిరంగా వున్న 400Hz పౌనఃపున్యము గల సైరన్ వైపు చలిస్తున్నారు. అయితే దొంగ చలించిన వేగమును లెక్కించండి. (దొంగ ఎటువంటి విస్పందనాలు గ్రహించలేదని అనుకొనుము)

(జవాబు: $v_{thief} = 10\ m\ s^{-}$ దొంగ)

9. (అ) $y = x^2 + 2\alpha t x$ (ఆ) $y = (x + vt)^2$ లలో తరంగ లక్షణము కలిగిన ప్రమేయము ఏది?

జవాబు: అ) ప్రమేయము తరంగమును సూచించదు ఆ) తరంగ సమీకరణమును తృప్తి పరుస్తుంది.

పరిశీలనా గ్రంథములు (BOOKS FOR REFERENCE)

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 285 28-02-2023 13:31:55

అంతరాల కృత్యములు

తరంగములు

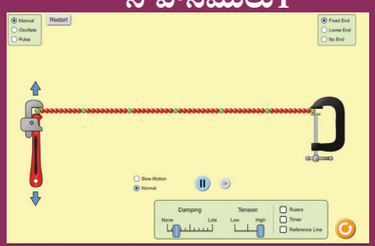
ఈ కృత్యము ద్వారా తరంగ చలనమును గురించి మనము అభ్యసించవచ్చును.



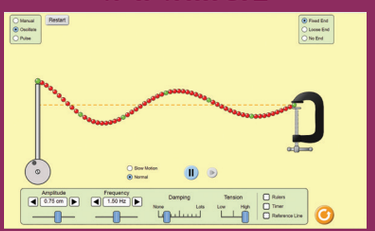
సోపానములు:

- URL ను ఉపయోగించి లేదా QR కోడ్ స్కాన్ చేసి waves on a string పై PhET అనుకరణమును తెరవండి ప్లే బటన్‌ను నొక్కండి.
- కృత్యపు పటములో తీగ ఇవ్వబడినది. ప్లే ఐకాన్‌ను నొక్కి తరంగ చలనమమును వీక్షించవచ్చును.
- ఎడమ వైపు విండోలోని పట్టికలో oscillations మరియు pulse ను ఎంచుకొని చూడవచ్చు amplitude' and 'frequency ని మార్చుట ద్వారా పై మార్పును చూడవచ్చును
- కుడివైపు విండోలో end types ను ఎంచుకొని మరలా చేయవచ్చు.

సోపానములు1



సోపానములు2



సోపానములు3



సోపానములు4



URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string

HOY8P

* పటములు సూచన కొరకు మాత్రమే
* పేజీని లోడ్ చేయుటకు బ్రౌజర్‌కు అవసరమైతే ఫ్లాష్ ప్లేయర్ లేదా జావా స్క్రిప్ట్‌ను అనుమతించండి.

11th_Physics_Vol_2_Unit_11_Telugu_Medium.indd 286 28-02-2023 13:31:57

Higher Secondary First Year

పదకొండవతరగతి

PHYSICS

భౌతిక శాస్త్రం

PRACTICAL

ప్రయోగ దీపిక

ప్రయోగాల జాబితా (LIST OF PRACTICALS)

1. తెలిసిన ద్రవ్యరాశి కలిగిన ఒక ఘన గోళము యొక్క జడత్వ భ్రామకమును వెర్నియర్ కాలిపర్స్ ఉపయోగించి తెలుసుకొనుట.
2. ఏక రీతి కాని వంగడం – సూది మరియు సూక్ష్మదర్శిని ఉపయోగించి బరువుకు మాంద్యంకు మధ్యగల సంబంధమును సరిచూచుట.
3. స్ప్రింగ్ యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము
4. లఘు లోలకము ఉపయోగించి గురుత్వ త్వరణము కనుగొనుట
5. అనునాద స్తంభము నుపయోగించి గాలిలో ధ్వని యొక్క దిశావేగము కనుగొనుట.
6. స్టోక్స్ పద్ధతి ఉపయోగించి ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత కనుగొనుట
7. కేశనాళిక పెరుగుదల పద్ధతి ఉపయోగించి తలతన్యత కనుగొనుట
8. కెలోరిమీటర్‌ని ఉపయోగించి న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమాన్ని సరిచూచుట.
9. సోనోమీటర్‌ని ఉపయోగించి స్థిర తన్యత వద్ద పౌన:పున్యం మరియు ఇవ్వబడిన తీగ పొడవుకి మధ్యగల సంబంధాన్ని అధ్యయనం చేయుట.
10. సోనోమీటరుని ఉపయోగించి స్థిర పౌన:పున్యం వద్ద ఇవ్వబడిన తీగ పొడవుకి మరియు తన్యతకి మధ్యగల సంబంధాన్ని అధ్యయనం చేయుట.
11. బలముల యొక్క సమాంతర చతుర్భుజ నియమములు సరిచూచుట (చేసి చూపుటకు మాత్రమే పరీక్షకు లేదు)
12. స్క్రూగేజి మరియు భౌతిక త్రాసు ఉపయోగించి తీగ యొక్క సాంద్రత కనుగొనుట (చేసి చూపుటకు మాత్రమే పరీక్షకు లేదు)

గమనిక: ఒక్కొక్క అధ్యాయము చివరిలోను రూపొందించబడిన అంతర్జాల విభాగములో ప్రయోగములను చేసి చూచుటకు విద్యార్థులను ప్రోత్సాహించవలయును (చేసి చూపుటకు మాత్రమే పరీక్షకు లేదు).

CAY4J

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 288 28-02-2023 13:33:50

1. తెలిసిన ద్రవ్యరాశి కలిగిన ఒక ఘన గోళము యొక్క జడత్వ భ్రామకమును వెర్నియర్ కాలిపర్స్ ఉపయోగించి తెలుసుకొనుట.

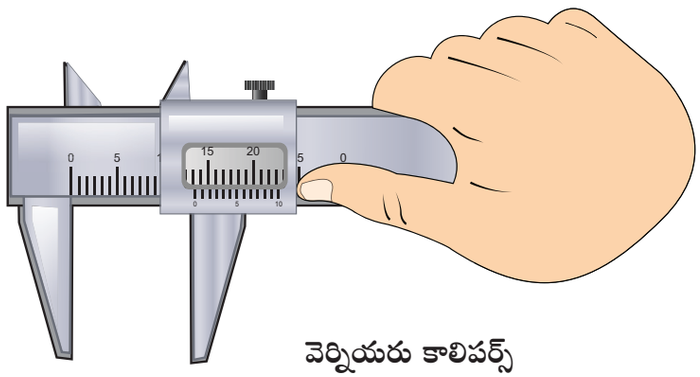
ఉద్దేశ్యము వెర్నియరు కాలిపర్స్ ఉపయోగించి ద్రవ్యరాశి తెలిసిన ఒక ఘన గోళము యొక్క జడత్వ భ్రామకము కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరములు వెర్నియరు కాలిపర్స్, ఘనగోళము.

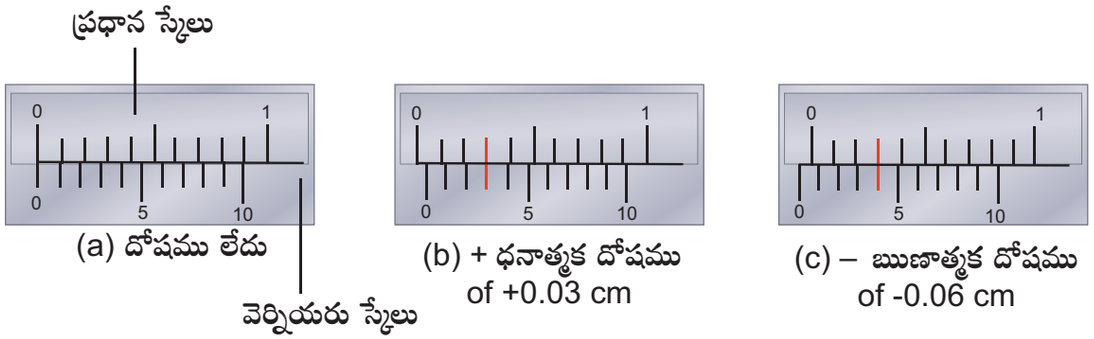
సూత్రము ఒక ఘనగోళము వ్యాసము యొక్క జడత్వ భ్రామకము $I_d = \frac{2}{5} MR^2 \text{ kgm}^2$

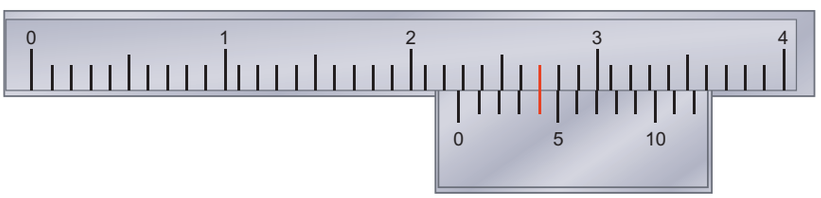
ఇచ్చట M ← గోళము యొక్క ద్రవ్యరాశి kg (తెలిసిన విలువ ఇవ్వవలయును) R ← గోళము యొక్క వ్యాసార్ధము metre

పటము



వెర్నియరు కాలిపర్స్





(d) వెర్నియరు కొలత

నమూనా కొలత

ప్ర.స్కే.కొ = 2.2 cm వే.స్కే.ఏ = 4 భాగములు

కొలత = [2.2 cm+(4x0.01cm)] = 2.24 cm

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 289 28-02-2023 13:33:50

ప్రయోగ పద్ధతి

- వెర్నియరు కొలత యొక్క శూన్యదోషము కనుగొనవలయును. దోషములు యుండిన గుర్తించుకొనవలయును.
- గోళమును వెర్నియర్ కాలిపర్ యొక్క రెండు జ్యాలు మధ్యలో యుంచి ప్రధాన స్కేలు కొలత (ప్ర.స్కే.కొ) గుర్తించుకొనబడుచున్నది.
- ఏ వెర్నియరు కొలత భాగము (వె.కొ.భా) ప్రధాన స్కేలు కొలతలో ఏకేభవించునో గుర్తించుకొని ఈ వె.ఏ.భాగములో శూన్యాంక సవరణ గుణించినట్లయితే వెర్నియర్ స్కేలు కొలత లభించును (వె.స్కే.కొ)
- ఈ వెర్నియరు స్కేలు కొలతలో శూన్యాంక సవరణ చేసిన అది సవరణ చేయబడిన వెర్నియరు స్కేలు కొలత అగును. ప్రధాన స్కేలు కొలతచే కూడబడును. ఈ విలువ గోళము యొక్క వ్యాసమగును.
- గోళము యొక్క వేర్వేరు స్థానములకు వ్యాసమును కొలిచి పట్టికలో గుర్తించి దాని సరాసరి వ్యాసము కనుగొనబడుచున్నది. దీని నుండి గోళము యొక్క వ్యాసార్ధము R కనుగొనబడుచున్నది.
- గోళము యొక్క తెలిసిన ద్రవ్యరాశి M విలువ R మరియు లెక్కించబడిన గోళము యొక్క వ్యాసార్ధము R లను ఉపయోగించి ఇవ్వబడిన సూత్రము మూలముగా దాని జడత్వ భ్రామకమును లెక్కించవచ్చును.

కనీసపు కొలత (LC)

ఒక ప్రధాన స్కేలు విభాగము (MSD) = ... cm

వెర్నియరు స్కేలు విభాగముల సంఖ్య = ...

$$\text{కనీసపు కొలత (LC)} = \frac{\text{1 ప్రధాన స్కేలు విభాగము (MSD)}}{\text{మొత్తం వెర్నియరు స్కేలు విభాగముల సంఖ్య}}$$

= ..... cm

పరిశీలనలు

శూన్యదోషము =

శూన్య సవరణ (Z . C) = శూన్యదోషము × LC

వ.సంఖ్య	ప్ర.స్కే.కొ $\times 10^{-2}$m	వెర్నియర్ ఏకీభవన VSC (div)	వే.స్కే.కొ = (VSC × LC) × 10^{-2}m	TR = (MSR +VSR) $\times 10^{-2}$m	గోళము యొక్క వ్యాసము = 2R ఖచ్చిత విలువ = (TR ± Z.C) $\times 10^{-2}$m
1					
2					
3					
4					
5					
6					

సరాసరి వ్యాసము 2R = ... m

గోళము యొక్క వ్యాసార్ధము R = ... m

R = ... m

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 290 28-02-2023 13:33:50

లెక్కించుట

గోళము యొక్క ద్రవ్యరాశి M = ... kg
(తెలిసిన నిలువ ఇవ్వబడినది)

గోళము యొక్క వ్యాసార్ధము R =.....మీటరు
ఘన గోళము యొక్క జడత్వ భ్రామకము

దాని వ్యాసము నందు $I_d = \frac{2}{5} MR^2$ = ... kg m^2

ఫలితము

వెర్నియరు కాలిపర్ ఉపయోగించి ఇవ్వబడిన ఘన గోళము యొక్క వ్యాసము ద్వారా యున్న జడత్వ భ్రామకము I_d = ... kg m^2

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 291 28-02-2023 13:33:50

2. ఏక రీతి కాని వంగడం – సూది మరియు సూక్ష్మదర్శిని ఉపయోగించి బరువుకు మాంద్యంకు మధ్యగల సంబంధమును సరిచూచుట.

ఉద్దేశ్యము ఒక చట్రము యొక్క అసమరీతి వంపు ఉపయోగించి బరువు మరియు మాంద్యంకు మధ్యగల సంబంధము సరిచూచుట.

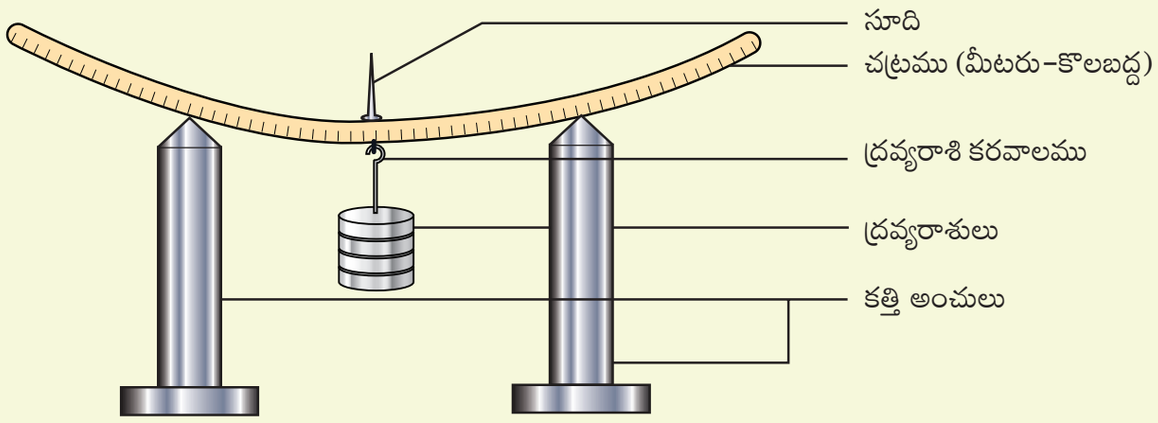
కావలసిన పరికరములు ఒక పొడవైన ఏకరీతి చట్రము (మీటరు కొలబద్ద), రెండు కత్తి అంచులు, ద్రవ్యరాశి కరవాలము, ద్రవ్యరాశులు, సూది మరియు వెర్నియరు సూక్ష్మదర్శిని.

సూత్రము $\frac{M}{s}$ = స్థిరాంకము

ఇచ్చట $M \leftarrow$ వ్రేళాడదీయబడిన బరువు (ద్రవ్యరాశి) (kg)

$s \leftarrow$ ఇవ్వబడిన బరువు వలన చట్రములో ఏర్పడు మాంద్యం(m)

పటము



ఏకరీతి కాని వంపునందు గల సూది మరియు సూక్ష్మదర్శిని యొక్క ప్రయోగ అమరిక

ప్రయోగ పద్ధతి

- రెండు కత్తి అంచులను బల్లపై యుంచవలయును.
- ఏకరీతి చట్రము (మీటరు కొలబద్ద) కత్తి అంచుల పై భాగములో యుంచవలయును.
- ద్రవ్యరాశి కరవాలము కొలబద్ద యొక్క మధ్యలో వ్రేళాడదీయవలయును. కరవాలము వ్రేళాడదీయబడిన, కొలబద్ద యొక్క మధ్యలో ఒక సూదిని అమర్చవలయును.
- ఈ అమరిక మునుపు ఒక వెర్నియరు సూక్ష్మదర్శిని యుంచవలయును.
- సూక్ష్మదర్శిని సరిచేసి సూది యొక్క స్పష్టమైన బింబమును పొందవలయును.
- సూక్ష్మదర్శిని యొక్క క్షితిజ సమాంతర అడ్డు తీగలు సూది కొనచే ఏకీభవించునట్లు చేయవలయును (ఇచ్చట ద్రవ్యరాశి కరవాలము అనునది లెక్కలో తీసుకోనటువంటి బరువు M అగును.)
- సూక్ష్మదర్శి యొక్క లంబ కొలబద్ద కొలతలను గుర్తించు కొనవలయును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 292 28-02-2023 13:33:51

- ద్రవ్యరాశి కరవాలములో 0.05 kg (50 g) ద్రవ్యరాశులను ఒక దాని తరువాత ఒకటి అధికరించి కొలతలను గుర్తించుకొనవలయును.
- తరువాత ద్రవ్యరాశి కరవాలము నుండి ద్రవ్యరాశులు ఒకదాని తరువాత మరొక్కటి తగ్గించి కొలతలను గుర్తించుకొనవలయును.
- ఒక్కొక్క బరువునకు గల సరాసరి కొలతను జీవం లేని బరువుతో తీసివేయవలయును. ఈ కొలత నిర్ణీత ద్రవ్యరాశి M నకు గల మాంద్యం అగును.

పరిశీలనలు

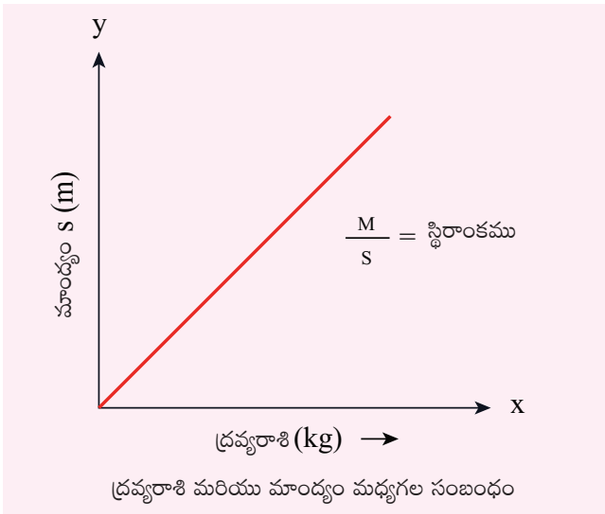
M/s కనుగొనుటకు.

బరువు (kg)	సూక్ష్మదర్శిని కొలతలు × 10^{-2} m							ద్రవ్యరాశి గల మాంద్యం M (kg) (s)	M/s kg m $^{-1}$
	బరువు ఎక్కువ చేయునపుడు			బరువు తగ్గించునపుడు			సరాసరి		
	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	$x_5 - x_0 =$ _____	
								సరాసరి	

ప్రతిరూప రేఖాపటము

బరువు (M) మరియు మాంద్యం (s)

బరువు (M) మరియు మాంద్యం (s) కి మధ్యగల సంబంధం M అనునది X అక్షములోను s అనునది Y అక్షములోను తీసుకొనబడి . M మరియు s నకు గల రేఖాపటము గీయుము. ఈ రేఖాపటము ఒక సరళరేఖ అగును.



ద్రవ్యరాశి మరియు మాంద్యం మధ్యగల సంబంధం

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 293 28-02-2023 13:33:52

లెక్కించుట

(i) $\frac{M}{s} =$

(ii) $\frac{M}{s} =$

(iii) $\frac{M}{s} =$

(iv) $\frac{M}{s} =$

(v) $\frac{M}{s} =$

ఫలితము

- ఒక్కొక్క బరువుకు (ద్రవ్యరాశి) మరియు మాంద్యం మధ్యలో గల నిష్పత్తి లెక్కించబడినది. దీని విలువ ఒక స్థిరాంకముగా యుండుట కనుగొనబడినది.
- అందువలన బరువునకు మాంద్యంనకు మధ్యగల సంబంధం ఒక చట్రము యొక్క ఏకరీతి కాని వంపు ఉపయోగించి సరిచూడబడినది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 294 28-02-2023 13:33:52

3. స్ప్రింగ్ యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము

ఉద్దేశ్యము ఒక స్ప్రింగ్ యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకమును లంబ డోలనములు మూలముగా కనుగొనుట

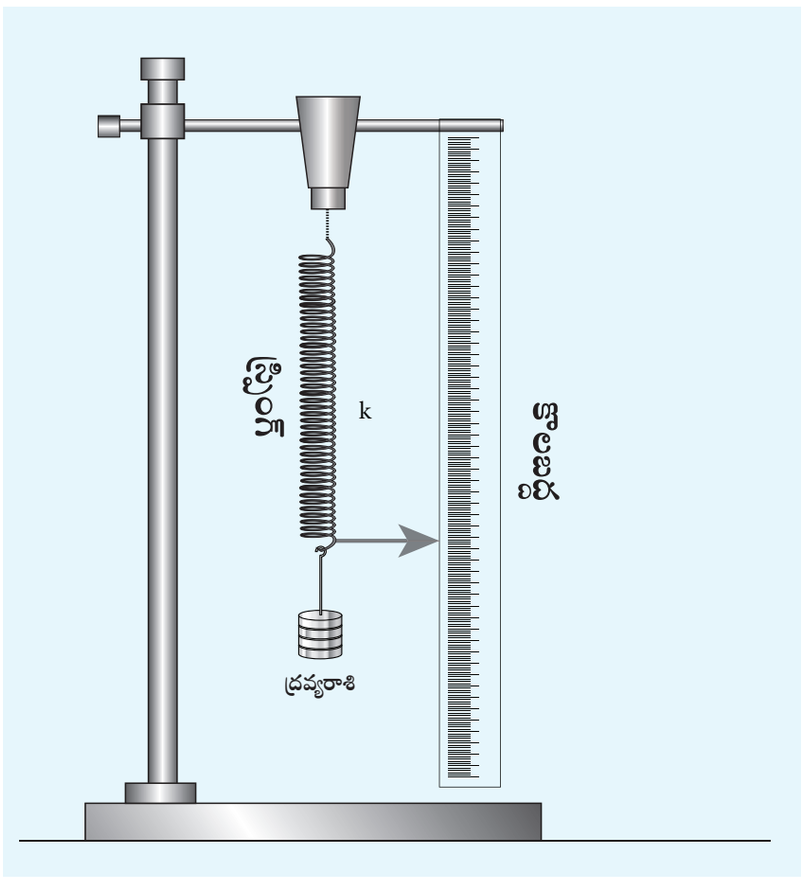
కావలసిన పరికరములు స్ప్రింగ్, దృఢమైన ఆధారము, కొక్కి, 50 గ్రామ్ ద్రవ్యరాశి కరవాలము, 50 g కలిగిన ద్రవ్యరాశులు, ఆపు గడియారము, మీటరు కొలబద్ద, సూచిక. r

సూత్రము స్ప్రింగ్ యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము $k = 4\pi^2 \left(\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}\right)$

ఇచ్చట $M_1, M_2 \leftarrow$ ఎన్నుకొనబడిన ద్రవ్యరాశులు (kg)

$T_1, T_2 \leftarrow M_1$ మరియు M_2 ద్రవ్యరాశులకు గల ఆవర్తన కాలములు (సెకండు)

పటము



ప్రయోగ పద్ధతి

➢ కొయ్య స్టాండు నందు గల దృఢమైన క్లాంప్‌నకు స్ప్రింగ్ యొక్క పై కొన గట్టిగా బిగింపబడి నిటారుగా వ్రేలాడ దీయబడి దాని మరొక కొనలో ద్రవ్యరాశి కరవాలమును కలుపబడియుండును. ఒక సూచిక సూదిని స్ప్రింగ్ యొక్క క్రింది కొనకు కలుపబడి, లంబముగా అమర్చబడిన కొలబద్దలో జరుగు విధముగా అమర్చబడి యుండును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 295 28-02-2023 13:33:52

- ఒక నిర్ణీత బరువు M (ఉదా: 100 g) ద్రవ్యరాశి కరవాలములో ఏర్పడును. ఈ కారణంగా సూచిక సూది అనునది విరామ స్థితికి వచ్చునపుడు కొలబద్దలో గల కొలత గుర్తించుకొన బడుచున్నది. ఈ స్థితిలో సమతాస్థితి పొందును.
- ద్రవ్యరాశి కరవాలములో యున్న ద్రవ్యరాశి క్రిందివైపు లాగబడి తరువాత వదలబడును. అందువలన స్ప్రింగ్ సూచిక అనునది సమతాస్థితి బిందువునకు రెండు వైపుల లంబముగా డోలనము చెందును.
- సూచిక సూది సమతాస్థితి బిందువును దాటునపుడు ఒక ఆపు గడియారము ప్రారంభించి 10 డోలనముల ఆవర్తన కాలమును గుర్తించుకొనబడుచున్నది. తరువాత డోలనాకాలము T అనునది లెక్కించబడును.
- ద్రవ్యరాశి కరవాలములో ఒక్కొక్క మెట్టుగా 50 గ్రాములు ద్రవ్యరాశిని చేర్చి ఈ పరిశోధనను మళ్ళి చేయబడును. ప్రతిసారి డోలనా ఆవర్తన కాలము లెక్కించబడుచున్నది.
- M_1 మరియు M_2 ద్రవ్యరాశులకు (బేదము 50 గ్రాములు యున్నపుడు) T_1 మరియు T_2 క్రమముగా ఆవర్తన కాలములయిన $\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}$ యొక్క విలువ లెక్కించబడి దాని సరాసరి విలువ తెలిసికొనబడుచున్నది.
- ఇవ్వబడిన సూత్రము ఉపయోగించి స్ప్రింగ్ యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము లెక్కించబడుచున్నది.

పరిశీలనలు

వ.సంఖ్య	ద్రవ్యరాశి M $\times 10^{-3}$ kg	10 డోలనములుకు గల కాలము (t) (s)			డోలనా ఆవర్తన కాలము $T = \frac{t}{10}$(s)	T^2 (s^2)	$\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}$ $\times 10^{-3} kg\ s^{-2}$
		ప్రయత్నము 1	ప్రయత్నము 2	సరాసరి			
1	100						
2	150						
3	200						
4	250						
5	300						

సరాసరి = ... kg s^{-2}

లెక్కించుట

స్ప్రింగ్ యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము $k = 4\pi^2 \left(\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}\right)$

k = ... kg s^{-2}

ఫలితము

ఇవ్వబడిన స్ప్రింగ్ యొక్క స్ప్రింగ్ స్థిరాంకము k = ... kg s^{-2}

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 296 28-02-2023 13:33:53

4 లఘులోలకము ఉపయోగించి గురుత్వ త్వరణము కనుగొనుట

ఉద్దేశ్యము లఘులోలకము ఉపయోగించి గురుత్వ త్వరణము కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరములు స్టాండు, లోలకపు గోళము, నూలు, కొలబద్ద, ఆపు గడియారము

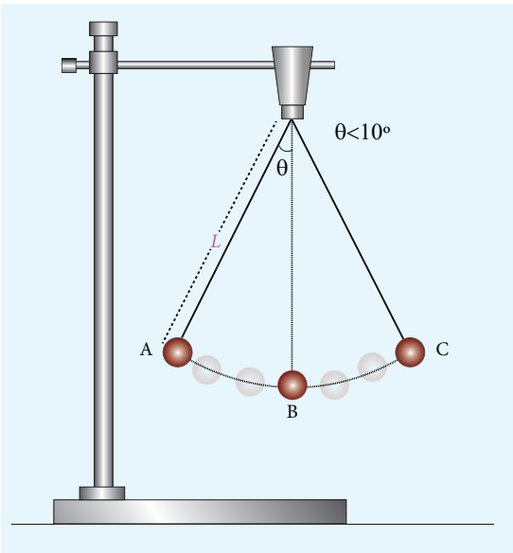
సూత్రము గురుత్వ త్వరణము $g = 4\pi^2 \left(\frac{L}{T^2}\right)$ $(m\ s^{-2})$

ఇచ్చట $T \leftarrow$ అనునది లఘులోలకము యొక్క ఆవర్తన కాలము (సెకండు)

$g \leftarrow$ గురుత్వ త్వరణము (మీ సె$^{-2}$)

$L \leftarrow$ లోలకము యొక్క పొడవు (మీటరు)

పటము



ప్రయోగ పద్ధతి

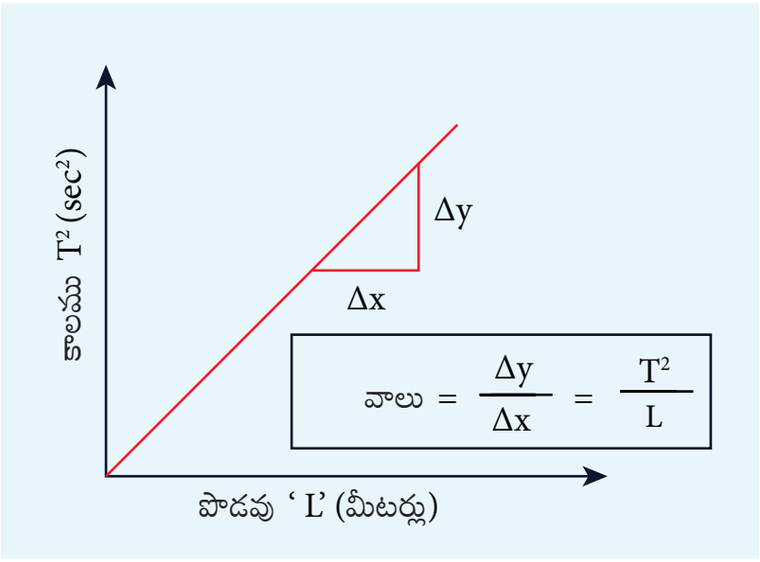
- ఒక చిన్న ఇత్తడి గోళమును నూలుతో కలుపుకొనవలయును.
- ఈ నూలును స్టాండు నందు బిగించబడును.
- నూలు వ్రేళాడదీయబడిన కొక్కి నుండి లోలక గోళము యొక్క మధ్య బిందువు వరకు యున్న పొడవు కొలువబడుచున్నది. క్రిందయున్న పట్టికలో లోలకము యొక్క పొడవు గుర్తించవలయును.
- ఆపు గడియారము (t) ఉపయోగించి 10 డోలనములకు గల కాలము లెక్కించబడుచున్నది.
- ఆవర్తన కాలము $T = \frac{t}{10}$ అను సమీకరణము నుండి లెక్కించబడుచున్నది.
- లోలకము యొక్క వేర్వేరు పొడవులకు 'L' పరిశోధన మళ్ళీచేయబడుచున్నది. ఇవ్వబడిన సూత్రమును ఉపయోగించి గురుత్వ త్వరణము g లెక్కించబడుచున్నది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 297 28-02-2023 13:33:55

పరిశీలనలు గురుత్వ త్వరణము 'g' కనుగొనుటకు

లోలకము యొక్క పొడవు మీటరు L (మీటరు)	10 డోలనములకు తీసుకొన్న కాలము t (s)			డోలనావర్తన కాలము $T = \frac{t}{10}$ (s)	T^2 (s^2)	$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ $m\ s^{-2}$
	ప్రయత్నము 1	ప్రయత్నము 2	సరాసరి			
					సరాసరి g =	

ప్రతిరూప రేఖాపటము



వాలు $= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{T^2}{L}$; 1/వాలు = L/T^2

ఫలితము

లఘులోలకము ఉపయోగించి కనుగొనబడిన గురుత్వ త్వరణ 'g' విలువ

i) లెక్కించిన ప్రకారము = ... $m\ s^{-2}$

ii) రేఖాపటము ప్రకారము = ... $m\ s^{-2}$

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 298 28-02-2023 13:33:56

5. అనునాద స్తంభమును ఉపయోగించి గాలిలో ధ్వని యొక్క దిశావేగమును కనుగొనుట.

ఉద్దేశ్యము

అనునాద తత్వమును ఉపయోగించి గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గాలిలో ధ్వని యొక్క దిశావేగమును కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరములు

అనునాద గొట్టము, పౌన:పున్యము తెలిసిన మూడు శృతి దండాలు, రబ్బరు సుత్తి, థర్మోమీటరు, గుండ్రని నూలు (plumb line), కొలబద్ద, నీరు వున్న బీకరు.

సూత్రము

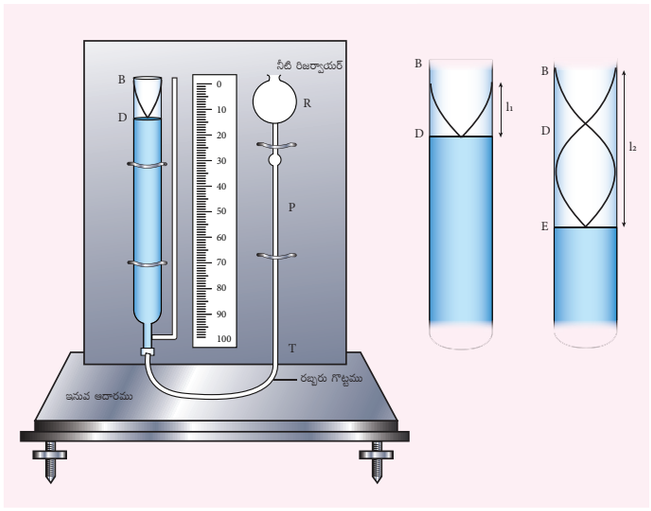
$$V = 2v\left(l_2 - l_1\right) \text{ m s}^{-1}$$

ఇక్కడ V ← గాలిలో ధ్వని యొక్క వేగము (m s^{-1})

l_1 మరియు l_2 ← మొదటి మరియు రెండవ అనునాదముల యొక్క గాలిస్తంభముల పొడవులు (m)

v ← శృతి దండం పౌన:పున్యము (Hz)

పటము



ప్రయోగ పద్ధతి

- అనునాద గొట్టము యొక్క స్థానమును సరిచేయుట ద్వారా గొట్టము లోపల గాలి స్తంభము యొక్క పొడవును మిక్కిలి చిన్నదిగా వుండునట్లు చూడవచ్చును.
- పౌనఃపున్యము తెలిసిన శృతి దండాన్ని అనునాద గొట్టమునకు దగ్గరగా పెట్టి రబ్బరు సుత్తితో కొట్టవలెను. శృతిదండము యొక్క సహజ పౌనఃపున్యానికి సమానమైన పౌనఃపున్యం గల అనుదైర్ఘ్య తరంగాలను శృతి దండము ఉత్పత్తి చేయును.
- అనునాద గొట్టము యొక్క తెరచిన కొన వద్ద కంపించు శృతి దండాన్ని సంమాంతరంగా వుంచవలెను. ధ్వని తరంగాలు గొట్టమంతట క్రిందివైపునకు ప్రయాణించును మరియు నీటి తలము వద్ద వెనుకకు పరావర్తనము చెందును.
- గరిష్ఠ (బిగ్గర) ధ్వని ఏర్పడునంతవరకు రిజర్వాయర్ లేక గొట్టములోని నీటి మట్టాన్ని మార్చుట ద్వారా గాలి స్తంభము పొడవును సర్దుబాటు చేయవలెను.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 299 28-02-2023 13:33:57

- ఈ స్థితి వద్ద గాలి స్తంభ పొడవును లెక్కించవలెను. దీనిని మొదటి అనునాద పొడవు l_1 గా తీసుకొనవలెను.
- మొదటి అనునాద పొడవునకు రెండు రెట్లు అగునట్లు గొట్టమును పెంచవలెను. శృతిదండాన్ని మరల కంపింపచేసి గొట్టము యొక్క తెరచిన కొన వద్ద వుంచవలెను.
- గరిష్ఠ ధ్వని వినిపించునంతవరకు గాలి స్తంభము యొక్క ఎత్తును సర్దుబాటు చేయవలెను.
- ఈ స్థితిలో గాలి స్తంభపు పొడవును లెక్కించవలెను. దీనిని రెండవ అనునాద పొడవు l_2 గా తీసుకొనవలెను.
- $V = 2\nu(l_2 - l_1)$ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గాలిలో ధ్వని వేగాన్ని లెక్కించవచ్చును.
- వివిధ పౌనఃపున్యాలు కలిగిన శృతి దండాల్ని ఉపయోగించి ఈ ప్రయోగాన్ని పునరావృతం చేయవలెను.
- లెక్కించిన విలువల సరాసరి విలువ గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గాలిలో ధ్వని వేగాన్ని తెలుపుము.

పరిశీలనలు

వరుస సంఖ్య	శృతి దండము పౌనఃపున్యము 'ν' (Hz)	మొదటి అనునాద పొడవు l_1 $(\times 10^{-2} m)$			రెండవ అనునాద పొడవు l_2 $(\times 10^{-2} m)$			$l_2 - l_1$ $(\times 10^{-2} m)$	గాలిలో ధ్వని వేగము $V = 2\nu(l_2 - l_1)$ $(m\ s^{-1})$
		ప్రయత్నము 1	ప్రయత్నము 2	సరాసరి	ప్రయత్నము 1	ప్రయత్నము 2	సరాసరి		
1									
2									
3									
								సరాసరి V =	

లెక్కించుట

గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గాలిలో ధ్వని దిశావేగము, $V = 2\nu(l_2 - l_1)$ = _____ $m\ s^{-1}$

ఫలితము

గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గాలిలో ధ్వని దిశావేగము (V) = _____ $m\ s^{-1}$

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 300 28-02-2023 13:33:57

6. స్టోక్స్ పద్ధతిని ఉపయోగించి ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధతను కనుగొనుట

ఉద్దేశ్యము స్టోక్స్ పద్ధతితో ఇచ్చిన ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత గుణకమును కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరములు స్థూపాకారపు గాజు జాడి, అధిక స్నిగ్ధత ద్రవము, మీటరు స్కేలు, గోళాకారపు బంతి, ఆపు గడియారము, దారము.

సూత్రము

$$\eta = \frac{2r^2(\delta - \sigma)g}{9V} \text{ N s m}^{-2}$$

ఇక్కడ η – ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత గుణకము (N s m^{-2})

$r \leftarrow$ గోళాకారపు బంతి వ్యాసార్ధము (m)

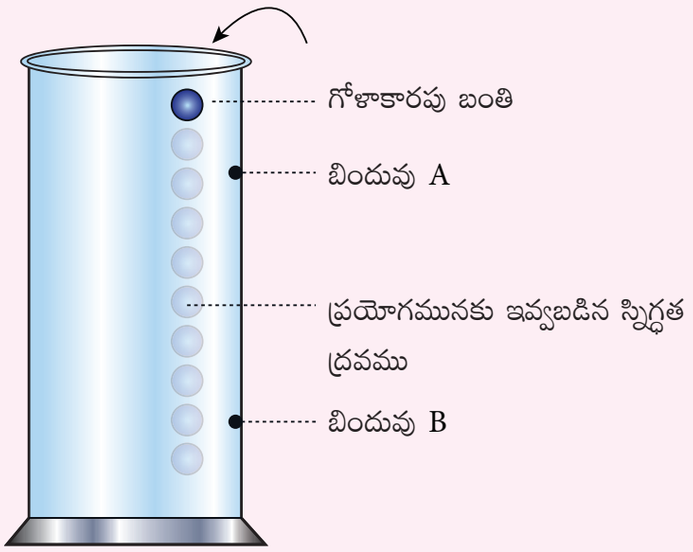
$\delta \leftarrow$ ఉక్కు గోళము యొక్క సాంద్రత ($kg\ m^{-3}$)

$\sigma \leftarrow$ ద్రవము యొక్క సాంద్రత (kg m^{-3})

$g \leftarrow$ గురుత్వ త్వరణము ($9.8\ \text{m s}^{-2}$)

$V \leftarrow$ సరాసరి అంత్య దిశావేగము (m s^{-1})

పటము



స్టోక్స్ పద్ధతిలో స్నిగ్ధతను గణించు ప్రయోగ అమరిక

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 301 28-02-2023 13:33:58

ప్రయోగ పద్ధతి

- కొలతలు గుర్తించిన స్థూపాకారపు గాజు జాడిని తీసుకొనవలెను.
- ఇవ్వబడిన ప్రయోగిక ద్రవాన్ని గాజుజాడిలో నింపవలెను.
- గాజుజాడి మీద A మరియు B బిందువులను గుర్తించవలెను. గోళాకారపు బంతి అనునది A ని చేరినపుడు దాని అంత్య దిశావేగము V ను పొందు క్రమములో బిందువు A ను ద్రవ తలానికి అధిక లోతులో గుర్తించవలెను.
- స్క్రూగేజిని ఉపయోగించి గోళాకారపు బంతి యొక్క వ్యాసార్ధమును లెక్కించవలెను.
- గోళాకారపు బంతిని ద్రవములో మెల్లగా వేయవలెను.
- బంతి A బిందువును దాటునపుడు ఆపు గడియారాన్ని ఆన్ చేయవలెను. గుండు B బిందువుని చేరినపుడు గడియారమును ఆపవలెను మరియు కాలాన్ని (t) గుర్తించవలెను.
- A మరియు B బిందువులకు మధ్యగల దూరాన్ని గుర్తించి మరియు దీనిని అంత్య దిశావేగమును లెక్కించుటలో ఉపయోగించుకొనవలెను.
- A మరియు B బిందువులకు మధ్యగల దూరాన్ని మార్చుతూ ఈ ప్రయోగాన్ని పునరావృతము చేయవలెను. బంతి అంత్య దిశావేగమును పొందుటకు A బిందువు సరియైనదేనని నిర్ధారించవలెను.

పరిశీలనలు

అంత్య దిశావేగము కనుగొనుట

వరుస సంఖ్య	గోళాకారపు బంతి పొందిన దూరము (d) (m)	తీసుకొనిన కాలము (t) (s)	అంత్య దిశావేగము (V) d/t (m s^{-1})
		సరాసరి =	

లెక్కించుట

గోళాకార బంతి యొక్క సాంద్రత $\delta =$ _____ $kg\,m^{-3}$

ఇచ్చినటువంటి ద్రవము యొక్క సాంద్రత $\sigma =$ _____ $kg\,m^{-3}$

ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత గుణకము $\eta = \dfrac{2r^2 g(\delta - \sigma)}{9V}$ = _____ N s m^{-2}

ఫలితము

స్టోక్స్ పద్ధతిలో ఇచ్చినటువంటి ద్రవము యొక్క స్నిగ్ధత గుణకము $\eta =$ _____ N s m^{-2}

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 302 28-02-2023 13:33:59

7. కేశనాళిక పద్ధతిలో తలతన్యత కనుగొనుట

ఉద్దేశ్యము కేశనాళిక పద్ధతిలో ఒక ద్రవము యొక్క తలతన్యతను కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరములు నీరువున్న బీకరు, కేశనాళిక, వెర్నియర్ సూక్ష్మదర్శిని, రెండు రంధ్రములు కలిగిన రబ్బరు బిరడా, అల్లెడు సూది, ఒక చిన్న రబ్బరు గొట్టము మరియు క్లాంప్ (retort clamp).

సూత్రము ద్రవము యొక్క తలతన్యత $T = \frac{hr\sigma g}{2}$ $N\,m^{-1}$

ఇక్కడ $T \leftarrow$ ద్రవము యొక్క తలతన్యత $(N\,m^{-1})$

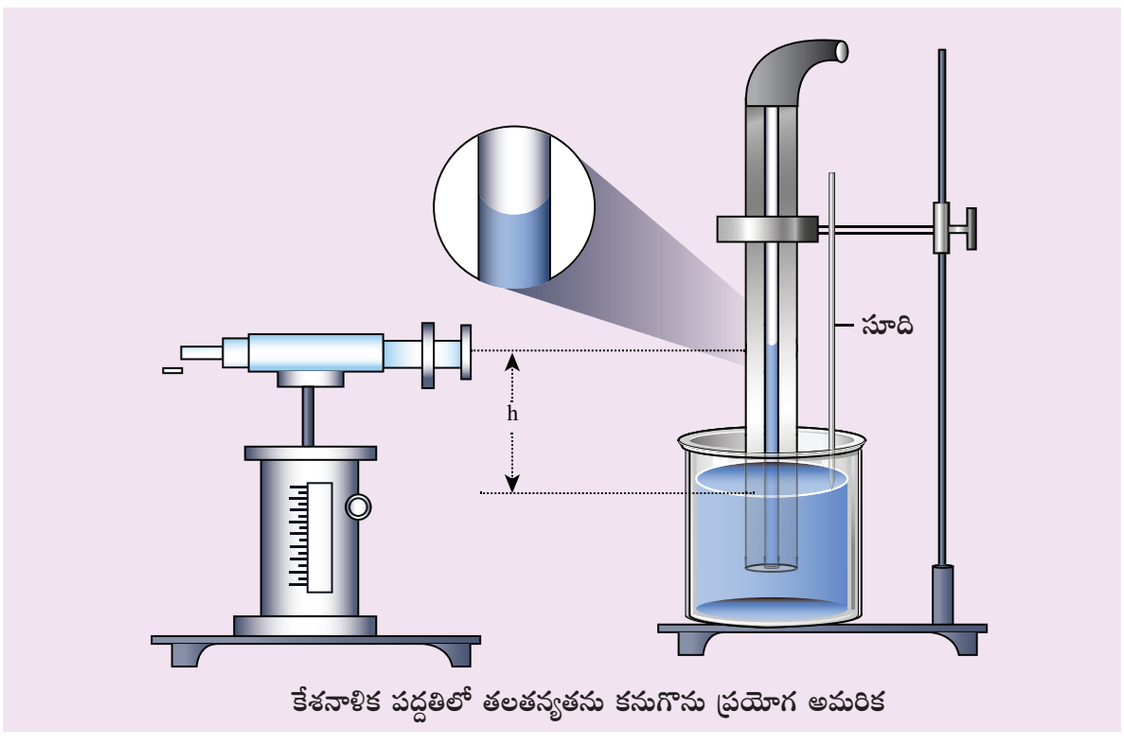
$h \leftarrow$ కేశనాళికలో వున్న ద్రవము యొక్క ఎత్తు (m)

$r \leftarrow$ కేశనాళిక యొక్క వ్యాసార్ధము (m)

$\sigma \leftarrow$ నీటి సాంద్రత $(kg\,m^{-3})$ $(\sigma = 1000\ kg\,m^{-3})$

$g \leftarrow$ గురుత్వ త్వరణము $(g = 9.8\ m\ s^{-2})$

పటము



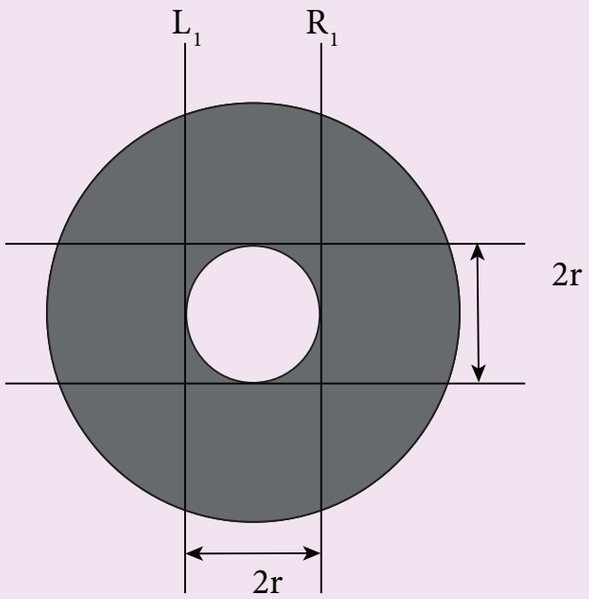
కేశనాళిక పద్ధతిలో తలతన్యతను కనుగొను ప్రయోగ అమరిక

ప్రయోగ పద్ధతి

- ఒక శుభ్రమైన మరియు పొడి కేశనాళికను స్టాండ్‌కు బిగించవలెను.
- నీరు వున్న బీకరును సర్దుబాటు స్టాండు మీద వుంచవలెను. కేశనాళికను బీకరులోని నీటిలో వుంచినపుడు కేశనాళికలో నీటి పరిమాణం పెరుగును.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 303 28-02-2023 13:33:59

- కేశనాళికకు దగ్గరగా సూదిని అమర్చినపుడు సూది నీటి ఉపరితలాన్ని తాకును.
- వెర్నియర్ సూక్ష్మదర్శినితో సూది కొనని కేంద్రీకరింపజేసి మరల కొలతను గుర్తించవలెను.
- నిలువు స్కేలులోని రెండు విలువ మధ్యగల తేడా కేశనాళికలోని ద్రవము పెరుగు ఎత్తు (h) అగును.
- కేశనాళిక వ్యాసార్ధమును కనుగొనుటకు కేశనాళికను పైకి లాగి బీకరును తొలగించవలయును.
- కేశనాళిక లోపలి గోడలను సూక్ష్మంగా పరిశీలించుటకు కేశనాళికను వెర్నియర్ సూక్షదర్శినితో కేంద్రీకరింపచేయవలెను.
- నిలువ తీగను కేశనాళిక మొన యొక్క ఎడమ వైపు లోపలి గోడలతో ఏకీభవించునట్లు తీసుకొనవలెను. కొలతలు గుర్తించవలెను (L_1).
- సూక్ష్మదర్శిని మరలను సమాంతర దిశలో త్రిప్పి కుడివైపు లోపలి గోడలను చూడవలెను. (R_1) విలువను గుర్తించవలెను. కేశనాళిక వ్యాసార్ధమును $\frac{1}{2}(L_1 - R_1)$ తో లెక్కించవచ్చును.
- ఇవ్వబడిన సూత్రాన్ని ఉపయోగించి తలతన్యతను కనుగొనవచ్చును.



కేశనాళిక వ్యాసార్ధము

పరిశీలనలు

ద్రవము ఎత్తును కనుగొనుట (h)

సూక్ష్మదర్శిని కనీసపు కొలత = _____ *cm*

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 304 28-02-2023 13:34:00

వరుస సంఖ్య	ద్రవము యొక్క లోపలి అర్ధచంద్రాకారపు స్థానము వద్ద సూక్ష్మదర్శిని విలువ			సూది యొక్క లోపలి కొన స్థానము వద్ద సూక్ష్మదర్శిని విలువ			ద్రవము యొక్క ఎత్తు h $\times 10^{-2}$ m a ~ b
	MSR	VSC × LC = VSR	TR (a) $\times 10^{-2}$ m	MSR	VSC × LC = VSR	TR (b) $\times 10^{-2}$ m	
						సరాసరి h =	

కేశనాళిక యొక్క వ్యాసార్ధము

కేశనాళిక	కేశనాళిక యొక్క లోపలి ఎడమ వైపు గోడ స్థానము వద్ద సూక్ష్మదర్శిని కొలత L_1			కేశనాళిక యొక్క లోపలి కుడి వైపు గోడ స్థానము వద్ద సూక్ష్మదర్శిని కొలత R_1			కేశనాళిక యొక్క వ్యాసార్ధము $r = \frac{1}{2}(L_1 \sim R_1)$ $\times 10^{-2}$ m
	MSR	VSC × LC = VSR	TR $\times 10^{-2}$ m	MSR	VSC × LC = VSR	TR $\times 10^{-2}$ m	

లెక్కించుట

కేశనాళిక ద్రవము యొక్క సరాసరి పెరిగిన ఎత్తు $h =$ _____ $\times 10^{-2}$ m

కేశనాళిక యొక్క వ్యాసము $2r =$ _____ $\times 10^{-2}$ m

కేశనాళిక వ్యాసార్ధము $r =$ _____ $\times 10^{-2}$ m

ద్రవము యొక్క సాంద్రత $\sigma = 1000 \text{ kg m}^{-3}$

గురుత్వ త్వరణము $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

తలతన్యత $T = \frac{hr\sigma g}{2}$

$=$_____ $N\,m^{-1}$

ఫలితము

కేశనాళిక అధికరించు పద్ధతిలో ఇచ్చిన ద్రవము యొక్క తలతన్యత $T =$_____ $N\,m^{-1}$

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 305 28-02-2023 13:34:00

8. కెలోరిమీటర్‌ని ఉపయోగించి న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమాన్ని సరిచూచుట

ఉద్దేశ్యము

శీతలీకరణ వక్రం గీయడం ద్వారా వేడిచేయబడిన వస్తువు యొక్క ఉష్ణోగ్రత మరియు కాలానికి మధ్యగల సంబంధాన్ని అధ్యయనం చేయుట.

కావలసిన పరికరాలు

స్టర్రర్ కలిగిన కెలోరిమీటర్, ఒంటి రంధ్రపు రబ్బరు బిరడా (cork), థర్మామీటరు, స్టాప్‌వాచ్, ఉష్ణ జనకం (heater) బర్నర్, నీరు, క్లాంప్ మరియు స్టాండు

న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమం

న్యూటన్ శీతలీకరణ నియము ప్రకారం, ఒక వస్తువు నష్టపోయే ఉష్ణోగ్రత మార్పురేటు అనునది, ఆ వస్తువు, పరిసరాల ఉష్ణోగ్రత బేధంకి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

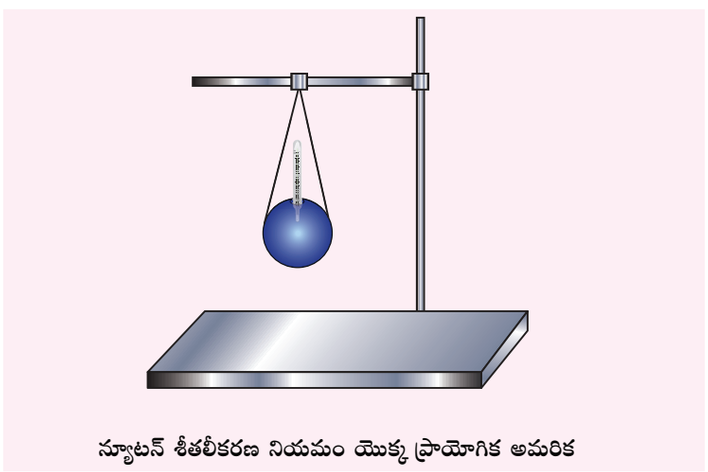
$$\frac{dT}{dt} \propto (T - T_0)$$

ఇక్కడ $\frac{dT}{dt}$ ← ఉష్ణోగ్రత మార్పురేటు (°C)

$T \leftarrow$ నీటి ఉష్ణోగ్రత (°C)

$T_0 \leftarrow$ గది ఉష్ణోగ్రత (°C)

పటము



న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమం యొక్క ప్రాయోగిక అమరిక

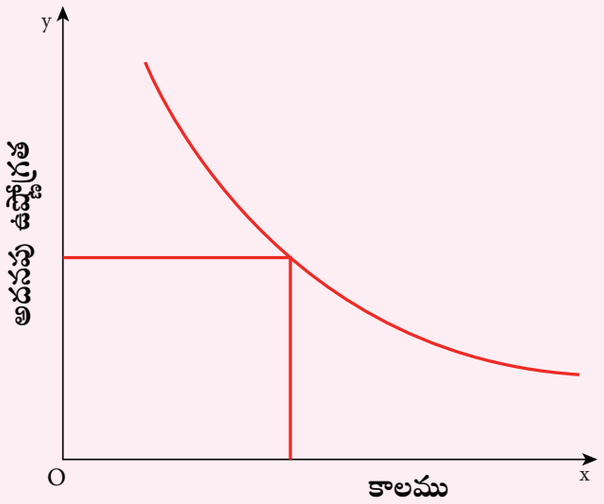
ప్రయోగపద్ధతి

- థర్మామీటర్‌ను ఉపయోగించి గది ఉష్ణోగ్రత (T_0) ని నిర్ధారించాలి
- 90°C ఉష్ణోగ్రత గల వేడినీటిని కెలోరిమీటర్‌లో నింపాలి.
- కెలోరిమీటర్‌ని ఒంటి రంధ్రపు రబ్బరు బిరడాతో మూయవలెను.
- రబ్బరు బిరడాలోని రంధ్రం ద్వారా థర్మామీటర్‌ను కెలోరిమీటర్‌లో అమర్చాలి.
- స్టాప్ వాచ్‌ని ప్రారంభించి (ఆన్‌చేసి) 80°C దగ్గర నుండి ప్రతి ఒక్కొక్క డిగ్రీ సెల్షియస్ ఉష్ణోగ్రత తగ్గుదలకి పట్టుకాలాన్ని పరిశీలించాలి.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 306 28-02-2023 13:34:01

- గది ఉష్ణోగ్రతకి దగ్గరగా వచ్చునంతవరకు, అవసరమైన విలువలను తీసుకోవాలి.
- రీడింగులను పట్టికలో పొందుపరచాలి.
- కాలాన్ని x అక్షముపై మరియు అదనపు ఉష్ణోగ్రతని y అక్షముపై తీసుకొని గ్రాఫ్‌ను గీయాలి.

గ్రాఫ్ నమూనా (MODEL GRAPH)



కాలము మరియు ఉష్ణోగ్రతకి మధ్యగల సంబంధం

గది ఉష్ణోగ్రత (T_0) = _____°C

పరిశీలనలు

కాలముతోపాటు నీటి ఉష్ణోగ్రతలో ఏర్పడు మార్పులను కొలుచుట

కాలము (s)	**నీటి ఉష్ణోగ్రత** (T) °C	**అదనపు ఉష్ణోగ్రత** ($T - T_0$) °C

ఫలితము

శీతలీకరణ వక్రరేఖ గీయబడినది మరియు న్యూటన్ శీతలీకరణ నియమం సరిచూడబడినది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 307 28-02-2023 13:34:01

9. సోనోమీటర్‌ని ఉపయోగించి స్థిర తన్యత వద్ద పౌన:పున్యం మరియు ఇవ్వబడిన తీగ పొడవుకి మధ్యగల సంబంధాన్ని అధ్యయనం చేయుట.

ఉద్దేశ్యము సోనోమీటర్‌ని ఉపయోగించి స్థిర తన్యత వద్ద పౌన:పున్యం మరియు ఇవ్వబడిన తీగ పొడవుకి మధ్యగల సంబంధాన్ని పౌన:పున్యం చేయుట.

కావలసిన పరికరాలు సోనోమీటర్, తెలిసిన పౌన:పున్యం గల ఆరు శృతిదండాలు, మీటర్ స్కేలు, రబ్బరు సుత్తి, కాగితపు ముక్కలు, 1/2 – కిలోగ్రాము వ్రేలాడదీయబడిన ద్రవ్యరాశులు మరియు హ్యాంగర్ పదునైన చెక్కదిమ్మెలు (చీలికలు)

సూత్రము తీగ యొక్క ప్రాథమిక కంపనరీతికైన పౌన:పున్యం $n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}\ Hz$

a) ఇవ్వబడిన ద్రవ్యరాశి m మరియు స్థిరతన్యత T

విలువలకి $n \propto \frac{1}{l}$ (లేదా) nl స్థిరాంకం.

ఇక్కడ $n \leftarrow$ తీగ యొక్క ప్రాథమిక కంపనరీతికైన పౌన:పున్యం (Hz)

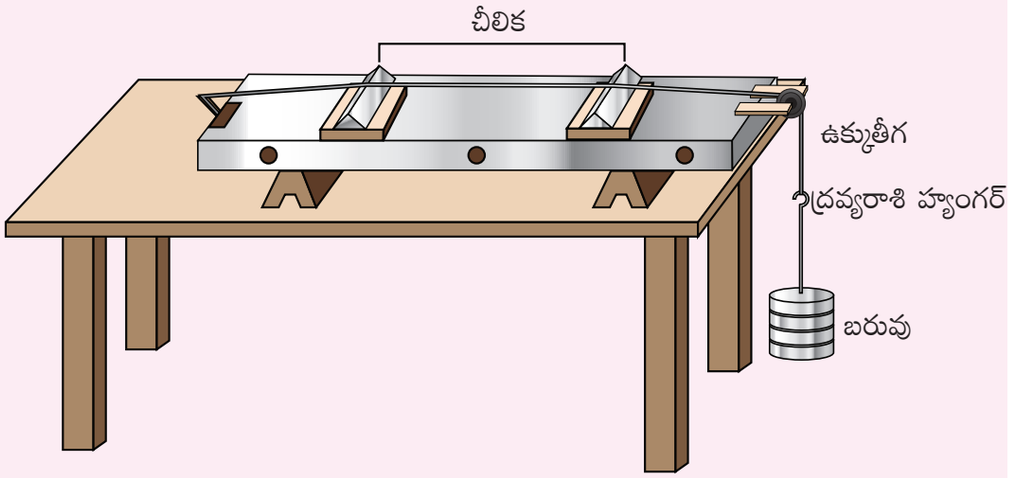
$m \leftarrow$ తీగ యొక్క ప్రమాణ పొడవుకైన ద్రవ్యరాశి ($kg\,m^{-1}$)

$l \leftarrow$ రెండు పదునైన చెక్కదిమ్మె చీలికలకి మధ్యగల పొడవు (m)

$T \leftarrow$ తీగ తన్యత (హ్యాంగర్ ద్రవ్యరాశితో చేర్చి) = Mg (N)

$M \leftarrow$ వ్రేలాడదీయబడిన ద్రవ్యరాశి (హ్యాంగర్ ద్రవ్యరాశితో చేర్చి) (Kg)

పటము



సోనోమీటర్ – స్థిర తన్యత వద్ద పౌన:పున్యం మరియు ఇవ్వబడిన తీగ పొడవుకి మధ్యగల సంబంధాన్ని అధ్యయనం చేయుట.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 308 28-02-2023 13:34:02

ప్రయోగపద్ధతి

- టేబుల్ మీద సోనోమీటర్‌ను అమర్చండి. కనీస ఘర్షణ ఉండేలా కప్పిపై గాడిని శుభ్రం చేయండి.
- హ్యాంగర్‌లో తగిన ద్రవ్యరాశిని ఉంచడం ద్వారా తీగను సాగదీయండి. రెండు చెక్క చీలికలు మధ్య తీగపై చిన్న కాగితపు ముక్కను ఉంచండి
- శృతిదండాన్ని రబ్బరు సుత్తితో కొట్టి కంపనాల్ని కలిగించండి మరియు దాని కాడని సోనోమీటర్‌పై ఉంచండి.
- తీగ కంపన ధ్వని గరిష్ఠంగా వచ్చేంతవరకు చెక్కదిమ్మ చీలిక B ని జరిపి తీగ కంపన పొడవుని సర్దుబాటు చేయవలెను.
- తీగ కంపన పౌన:పున్యం, శృతిదండం పౌన:పున్యంతో అనునాదంలో ఉన్నప్పుడు కాగితపు ముక్క క్రిందకి పడిపోతుంది.
- A మరియు B చీలికలకి మధ్యగల తీగ యొక్క పొడవును మీటరు స్కేలుని ఉపయోగించి కొలవండి. ఈ పొడవుని అనునాద పొడవు అంటారు.
- హ్యాంగర్‌లో అదే ద్రవ్యరాశుల్ని ఉంచి, వేర్వేరు పౌన:పున్యాలు గల శృతి దండాలతో పై ప్రయోగాన్ని పునరావృతం చేయండి.

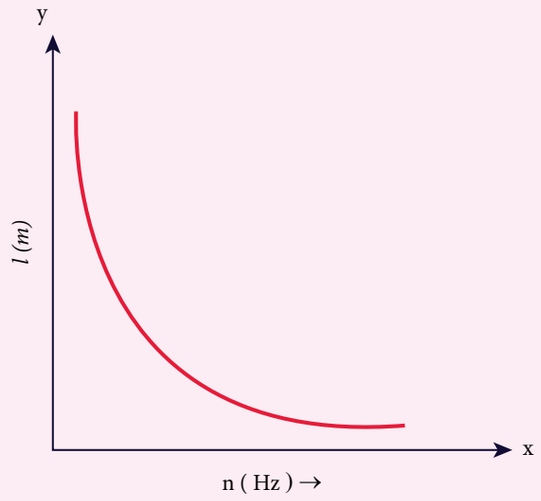
పరిశీలనలు

తీగ తన్యత T = mg = ((వ్రేలాడదీయబడిన ద్రవ్యరాశి × 9.8) N వ్రేలాడదీయబడిన ద్రవ్యరాశి స్థిరాంక (హ్యాంగర్ ద్రవ్యరాశితో చేర్చి వ్రేలాడదీయబడిన మొత్తం ద్రవ్యరాశి M అగును.)

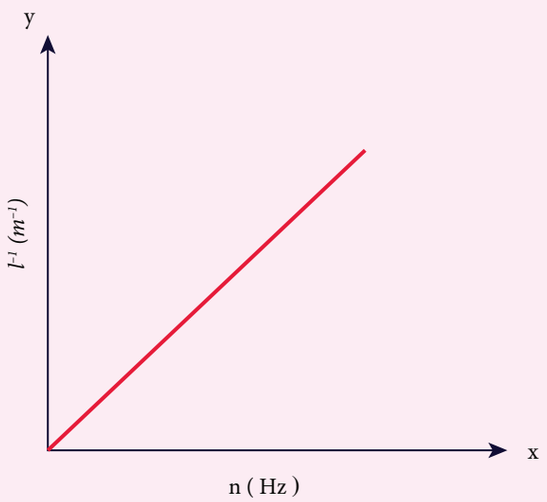
పొడవు ఆధారంగా పౌన:పున్యములో ఏర్పడు మార్పు		
శృతిదండం పౌన:పున్యం 'n ' (Hz)	అనునాదపొడవు $'l'$ $\times 10^{-2}$ m	nl
n_1 =		
n_2 =		
n_3 =		
n_4 =		
n_5 =		
n_6 =		

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 309 28-02-2023 13:34:02

గ్రాఫ్:



గ్రాఫ్ 1 : పౌన:పున్యం మరియు పొడవుకి మధ్యగల సంబంధం



గ్రాఫ్ 2 : పౌన:పున్యం మరియు విలోమపొడవుకి మధ్యగల సంబంధం.

సోనోమీటరు – స్థిర పౌన:పున్యము వద్ద తన్యత మరియు ఇవ్వబడిన తీగ పొడవు మధ్యగల సంబంధమును అధ్యయనము చేయుట

లెక్కించుట

అన్ని శృతిదండాల యొక్క n మరియు l లబ్ధము స్థిరాంకముగా ఉండును (పట్టికలోని చివరి నిలువు వరుస)

ఫలితము

- ఇవ్వబడిన తన్యతకి, సాగదీయబడిన తీగ యొక్క అనునాద పొడవులో మార్పు అనునది దాని పౌన:పున్యానికి వ్యుత్క్రమము (విలోమము)గా ఉండును (అనగా $n \propto \frac{1}{l}$)
- nl ల లబ్ధము ఒక స్థిరాంకము మరియు దాని విలువ (Hz m)

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 310 28-02-2023 13:34:02

10. సోనోమీటరుని ఉపయోగించి స్థిర పౌన:పున్యం వద్ద ఇవ్వబడిన తీగ పొడవుకి మరియు తన్యతకి మధ్యగల సంబంధాన్ని అధ్యయనం చేయుట.

ఉద్దేశ్యము సోనోమీటరుని ఉపయోగించి స్థిర పౌన:పున్యం వద్ద ఇవ్వబడిన తీగ పొడవుకి మరియు తన్యతకి మధ్యగల సంబంధాన్ని అధ్యయనం చేయుట.

కావలసిన పరికరాలు సోనోమీటర్, తెలిసిన పౌన:పున్యం గల శృతిదండం, మీటర్ స్కేలు, రబ్బరు సుత్తి, కాగితపు ముక్క, హ్యాంగర్‌కి వ్రేలాడ దీయబడిన 1/2-కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశులు, చెక్కచీలికలు.

సూత్రము తీగ యొక్క ప్రాథమిక కంపనరీతికైన పౌన:పున్యం $n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}\ Hz$

ఇవ్వబడిన తీగ (ద్రవ్యరాశి m స్థిరము) కి n స్థిరాంకము అయిన

$$\frac{\sqrt{T}}{l} = \text{స్థిరాంకం.}$$

ఇక్కడ $n \leftarrow$ కంపించు తీగ యొక్క ప్రాథమిక కంపనరీతికైన పౌన:పున్యం (Hz)

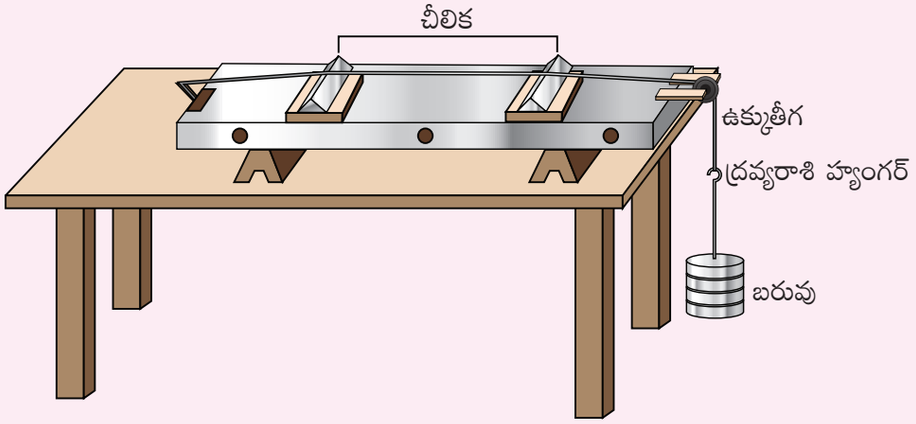
$m \leftarrow$ తీగ యొక్క ప్రమాణ పొడవుకైన ద్రవ్యరాశి $(kg\ m^{-1})$

$T \leftarrow$ తీగలోని తన్యత (హ్యాంగర్ ద్రవ్యరాశితో చేర్చి) = Mg (N)

$l \leftarrow$ చెక్క చీలికలకి మధ్యగల పొడవు (మీటరు)

$M \leftarrow$ వ్రేలాడదీయబడిన ద్రవ్యరాశి (హ్యాంగర్ ద్రవ్యరాశితో చేర్చి) (kg)

పటము



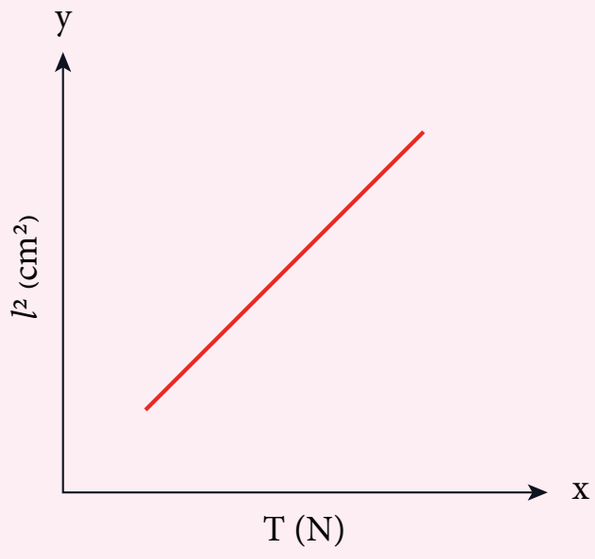
సోనోమీటరుని ఉపయోగించి స్థిర పౌన:పున్యం వద్ద ఇవ్వబడిన తీగ పొడవుకి మరియు తన్యతకి మధ్యగల సంబంధాన్ని అధ్యయనం చేయుట.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 311 28-02-2023 13:34:03

ప్రయోగ పద్ధతి

- టేబుల్ మీద సోనోమీటర్‌ను అమర్చండి. కనీస ఘర్షణ ఉండేలా కప్పిపై గాడిని శుభ్రం చేయండి.
- రెండు చీలికలకి మధ్య తీగపై చిన్న కాగితపు ముక్కను ఉంచండి.
- ప్రారంభ రీడింగు కొరకు ద్రవ్యరాశి హ్యాంగర్ 1 కి.గ్రా ద్రవ్యరాశి ఉంచండి.
- ఇప్పుడు, శృతిదండాన్ని కొట్టి, దాని కాడని చెక్కి చీలిక A పై ఉంచండి. ఆపై పేపర్ ముక్క కదిలి, అనునాదం కారణంగా చివరికి పడిపోయే వరక చీలిక B యొక్క స్థానాలను నెమ్మదిగా సర్దుబాటు చేయండి.
- చెక్క చీలికలు A, B మధ్యగల తీగ పొడవుని కొలవండి. ఈ విలువ శృతి దండం పౌన:పుణ్యంకైన ప్రాథమిక కంపనరీతి అగును.
- హ్యాంగర్‌లో 0.5 కి.గ్రా బరువుల్ని ప్రతిసారి (క్రమక్రమంగా) అధికరించి, అదే శృతిదండంతో ప్రతిఒక్క ద్రవ్యరాశికి అనునాద పొడవుని కొలవండి.
- పరిశీలనలను పట్టికలో పొందుపరచండి.

మాదిరి గ్రాఫ్



తన్యత T (N) మరియు పొడవు l^2 (cm^2) కి మధ్య గల సంబంధం

పరిశీలనలు

శృతి దండం పౌన:పున్యము = _____ Hz

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 312 28-02-2023 13:34:04

తన్యతతో అనునాద పొడవు యొక్క మార్పు

వ.సం.	ద్రవ్యరాశి M (kg)	తన్యత T=Mg (N)	$\sqrt{T}$	కంపన పొడవు l (m)	$\frac{\sqrt{T}}{l}$

లెక్కించుట

ప్రతి సందర్భంలోను తన్యతకి $\frac{\sqrt{T}}{l}$ విలువను లెక్కించడం.

ఫలితము

- ఇవ్వబడిన పౌన:పున్యం యొక్క కంపనాలకి అనునాద పొడవు, తన్యత యొక్క వర్గమూలానికి అనుగుణంగా మారుతుంది.
- $\frac{\sqrt{T}}{l}$ ఒక స్థిరాంకం అని కనుగొనబడినది.

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 313 28-02-2023 13:34:04

భౌతికశాస్త్రంలో కొన్ని ముఖ్యమైన స్థిరాంకాల విలువలు

పేరు	సంకేతం	విలువ
శూన్యంలో కాంతి వేగం	c	$2.9979 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$
గురుత్వ స్థిరాంకం	G	$6.67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^{2}\ \text{kg}^{-2}$
గురుత్వ త్వరణం (సముద్రమట్టం, 45° అక్షాంశం వద్ద)	g	$9.8\ \text{m s}^{-2}$
ప్లాంక్ స్థిరాంకం	h	$6.626 \times 10^{-34}\ \text{J s}$
బోల్ట్జమన్ స్థిరాంకం	k	$1.38 \times 10^{-23}\ \text{J K}^{-1}$
అవగాడ్రో సంఖ్య	N_A	$6.023 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$
సార్వత్రిక వాయు స్థిరాంకం	R	$8.31\ \text{J mol}^{-1}\ \text{K}^{-1}$
స్టీఫాన్ – బోల్ట్జమన్ స్థిరాంకం	σ	$5.67 \times 10^{-8}\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-4}$
వీన్ స్థిరాంకం	b	$2.898 \times 10^{-3}\ \text{m K}$
స్వేచ్ఛాంతరాళ పెర్మియబిలిటి	μ_0	$4\mu \times 10^{-7}\ \text{H m}^{-1}$
ప్రామాణిక వాతావరణ పీడనం	$1\,atm$	$1.013 \times 10^{5}\ \text{Pa}$

SOLVED EXAMPLES

XRL2T

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 314 28-02-2023 13:34:04

గ్రీకు అక్షరమాల (THE GREEK ALPHABET)

The Greek Alphabet	Upper Case	Lower Case
ఆల్ఫా	A	α
బీటా	B	β
గామా	Γ	γ
డెల్టా	Δ	δ
ఎప్సిలాన్	E	ε
జీటా	Z	ζ
ఈటా	H	η
తీటా	Θ	θ
ఐయోటా	I	ι
కప్పా	K	κ
లాంబ్డా	Λ	λ
మ్యూ	M	μ
న్యూ	N	ν
జై	€	ξ
ఒమిక్రాన్	O	ο
పై	Π	π
రో	P	ρ
సిగ్మా	Σ	σ
టౌ	T	τ
అప్సిలాన్	Y	υ
ఫై	Φ	φ
ఖై	X	χ
సై	Ψ	ψ
ఒమేగా	Ω	ω

COMPETITIVE EXAM CORNER



11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 315 28-02-2023 13:34:04

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 316 28-02-2023 13:34:05

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 317 28-02-2023 13:34:06

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 318 28-02-2023 13:34:06

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

11th_Physics_Vol_2_Unit_12_Practical_Telugu_Medium.indd 319 28-02-2023 13:34:07

పదకోశము
(GLOSSARY)

1.	Altitude	-	ఎత్తు
2.	Astronomy	-	ఖగోళశాస్త్రం
3.	Angle of Contact	-	స్పర్శీయ కోణం
4.	Aerofoil lift	-	విమానపు రెక్కలను పైకెత్తుట
5.	Adiabatic process	-	సమోష్ణ ప్రక్రియ
6.	Average (or) Mean speed	-	సరాసరి (లేదా) మాధ్యమిక వడి
7.	Angular Harmonic motion	-	కోణీయ హరాత్మక చలనము
8.	Beats	-	విస్పందనాలు
9.	Buoyant force	-	ఉత్ప్లవన బలము
10.	Breaking of rupture point	-	విరుగు బిందువు
11.	Compressive stress	-	సంపీడన ఒత్తిడి
12.	Calorimeter	-	కెలోరిమితి
13.	Conduction	-	వాహకత
14.	Change of state	-	స్థితిమార్పు
15.	Capillary rise or fall	-	కేశనాళికీయ ఆరోహణ లేదా అవరోహణ
16.	Compress	-	సంపీడనము
17.	Compliance	-	అంగీకారము
18.	Coefficient of performance	-	సామర్థ్య గుణకము
19.	Degree of freedom	-	స్వేచ్ఛా తరగతి లేదా హద్దు
20.	Damped oscillation	-	అవరుద్ధ కంపనము
21.	Elongate	-	సాగదీయుట
22.	Elastic limit	-	స్థితిస్థాపక హద్దు
23.	Escape speed	-	పలాయన వేగం
24.	Epicycle	-	ఉపచక్రము
25.	Epoch	-	ప్రారంభము
26.	Equilibrium	-	సమతుల్యము
27.	Flexible constant	-	మృదుతత్వ గుణకము
28.	Free oscillations	-	స్వేచ్ఛా కంపనములు
29.	Force constant	-	బల స్థిరాంకము
30.	Forced Oscillation	-	బల కంపనము

11th_Physics_Vol-2_Glossary_Telugu_Medium.indd 320 02-07-2022 11:55:40

31.	Frequency	-	పౌన:పున్యము
32.	Geocentric model	-	భూకేంద్రక నమూనా
33.	Gravitational field	-	గురుత్వ క్షేత్రము
34.	Gravitational Potential	-	గురుత్వ శక్మము
35.	Gravitational Potential energy	-	గురుత్వ శక్మశక్తి
36.	Geo- Stationary satellite	-	భూ స్థితిక ఉపగ్రహము
37.	Hydrostatic paradox	-	జలస్థితిక విరుద్ధము
38.	Heat engine	-	ఉష్ణ యంత్రము
39.	Hydraulic lift	-	జలయంత్ర లిఫ్ట్
40.	Harmonics	-	హరాత్మకము
41.	Heliocentric model	-	సూర్యకేంద్రక నమూనా
42.	Interference	-	వ్యతికరణము
43.	Isothermal process	-	సమోష్ణ ప్రక్రియ
44.	Isobaric process	-	సమ పీడన ప్రక్రియ
45.	Isochoric process	-	సమ ఘనపరిమాణ ప్రక్రియ
46.	Lateral strain	-	పార్శ్వ వికృతి
47.	Longitudinal strain	-	దైర్ఘ్య పీడనం
48.	Longitudinal stress	-	దైర్ఘ్య విరూపణ
49.	Loudness	-	ధ్వని తీవ్రత
50.	Lunar Eclipse	-	చంద్ర గ్రహణం
51.	Latent heat	-	గుప్తోష్ణము
52.	Latitude	-	అక్షాంశము
53.	Law of equipartition of energy	-	శక్తి సమవిభజన నియమము
54.	Mean square speed	-	మాధ్యమిక వేగ వర్గము
55.	Most probable speed	-	మిక్కిలి సంభావ్యతా వేగము
56.	Mean free path	-	మాధ్యమిక స్వేచ్ఛా పథము
57.	Maintained Oscillation	-	నిర్వహణ కంపనము
58.	Mean position	-	మాధ్యమిక స్థానము
59.	Number density	-	సంఖ్యా సాంద్రత
60.	Node	-	అస్పందనము
61.	Natural oscillation	-	సహజ కంపనము
62.	Non-periodic motion	-	అనావర్తన చలనము
63.	Oscillatory motion	-	కంపన చలనము
64.	Orbital velocity	-	కక్ష్యా వేగము
65.	Overtone	-	అతిస్వరం
66.	Polar satellite	-	ధృవ ఉపగ్రహం
67.	Phase	-	దశ

11th_Physics_Vol-2_Glossary_Telugu_Medium.indd 321 02-07-2022 11:55:40

68.	Periodic motion	-	ఆవర్తన చలనం
69.	Phase difference	-	దశాభేదం
70.	Penumbra	-	ఉపచ్ఛాయ
71.	Retrograde motion	-	ప్రతిగమన చలనము
72.	Restoring force	-	పున:స్థాపక బలము
73 .	Restoring Torque	-	పున:స్థాపక టార్క్
74.	Random motion	-	క్రమరహిత చలనము
75.	Root mean square speed (Vrms)	-	వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలము
76.	Radiation	-	వికిరణము
77.	Resonance	-	అనునాదము
78.	Ripples	-	అలలు
79.	Standard (or) Normal temperature and pressure	-	నిర్దిష్ట లేదా సాధారణ ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనము
80.	Stethoscope	-	స్టెతస్కోపు
81.	Sonometer	-	సోనోమీటరు
82.	Superposition	-	అతిపాతము
83.	Spring constant / force constant	-	ప్రింగ్ / బల స్థిరాంకము
84.	Stiffness constant	-	దృఢస్థిరాంకం
85.	Simple pendulum	-	లఘులోలకము
86.	Satellite	-	ఉపగ్రహము
87.	Stationary waves	-	స్థిర తరంగాలు
88.	Shearing Stress	-	జారుడు ఒత్తిడి
89.	Surface tension	-	తలతన్యత
90.	Streamlined flow	-	జాలువారు ప్రవాహం
91.	Specific heat capacity	-	విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యం
92.	Speed distribution function	-	వేగ విస్తరణ ప్రమేయం
93.	Specific heat capacity at constant pressure	-	స్థిరపీడనము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యం
94.	Specific heat capacity at constant volume	-	స్థిర ఘనపరిమాణము వద్ద విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యం
95.	Simple Hormonic motion	-	సరళ హరాత్మక చలనము
96.	Tensile stress	-	తన్యతా పీడనం
97.	Terminal velocity	-	తుదివేగము
98.	Time period	-	ఆవర్తన కాలము
99.	Turbulent flow	-	కల్లోల ప్రవాహం
100.	Tsunami	-	సునామి

11th_Physics_Vol-2_Glossary_Telugu_Medium.indd 322 02-07-2022 11:55:40

101. Thermal conductivity	-	ఉష్ణవాహకత్వం
102. Thermometer	-	ఉష్ణమాపని
103. Triple Point	-	త్రిక బిందువు
104. Universal gas constant	-	విశ్వవాయు స్థిరాంకం
105. Umbra	-	ఛాయ
106. Viscosity	-	స్నిగ్ధత
107. Water striders	-	నీటిపురుగు
108. Wavicle	-	తరంగ కణము
109. Zig – Zag path	-	క్రమరహిత మార్గం

11th_Physics_Vol-2_Glossary_Telugu_Medium.indd 323 02-07-2022 11:55:40

Higher Secondary – Class XI – Physics – Volume – 2
TELUGU MEDIUM
List of Reviewers & Translators

Academic Coordinator

Dr. M.Ethirajulu,
Senior Lecturer,
SCERT,
Chennai-6.

Reviewers

S. Lokesh,
P.G.Asst, (Physics)
G.H.S.S, K.G. Kandigai,
Tiruvallur Dist

K. Dorababu,
B.T.Asst,
SKPD B.H.S.S, Chennai -01

Translators

M. Surekha,
PGT (Physics),
G.H.S.S, Padirivedu Madarapakkam,
Thiruvallur Dist.

M. Yuvakumar,
PGT (Physics),
G.H.S.S, Nallur-Hosur,
Krishnagiri Dist.

G. Pullanna,
PGT (Physics),
G.B.H.S.S., Athimanjeripet
Thiruvallur Dist.

E. Venkatesulu,
PGT (Physics),
G.B.H.S.S., Pallipat,
Tiruvallur Dist

M. Ludhiya,
B.T.Asst,
G.B.H.S.S., Athimanjeripet,
Thiruvallur Dist.

K. Mohan,
B.T.Asst,
G.H.S., Karimbedu,
Thiruvallur Dist.

K. Hema Bhushanam,
SGT,
G.B.H.S.S., Athimanjeripet,
Thiruvallur Dist.

Kadiri Ravi,
SGT,
G.H.S., Nochili,
Thiruvallur Dist.

Proof work

M. Vishwanath
PGT (Physics),
G.H.S.S, Madhagondapalli,
Krishnagiri Dist.

T.N. Radhika
SGT,
KTCT G.H.S.S, Chennai - 1.

ICT Coordinators

Mr.G. Bergin
PG Assistant (Physics)
Government Boys Higher Secondary School,
Sayalkudi
Ramanathapuram Dt.

Saranya.A
SGT, P.U.P.S,
Sellathapalayam,
Modakkurichi block,
Erode Dt.

Kamesh. R
SGT, P.U.P.S, Pinjanur,
Nallur Block, Cuddalore Dt.

EMIS Technology Team

R.M. Satheesh
State Coordinator Technical,
TN EMIS, Samagra Shiksha.

K.P. Sathya Narayana
IT Consultant,
TN EMIS, Samagra Shikaha

R. Arun Maruthi Selvan
Technical Project Consultant,
TN EMIS, Samagra Shiksha

Wrapper Design

Kathir Arumugam

In-House QC

Ashok Kumar Sakthivel
A. Danny
Yuvaraj Ravi
Gopinath Ragupathi
Porselvan
Balasubramani
C. Prasanth

Co-ordinator

Ramesh Munisamy

This book has been printed on 80 G.S.M.
Elegant Maplitho paper.

Printed by offset at:

11th_Physics_Vol-2_Acknowledgement_Telugu Medium.indd 324 02-07-2022 11:56:20

NOTE

11th_Physics_Vol-2_Acknowledgement_Telugu Medium.indd 325 02-07-2022 11:56:20

NOTE

11th_Physics_Vol-2_Acknowledgement_Telugu Medium.indd 326 02-07-2022 11:56:20

NOTE

11th_Physics_Vol-2_Acknowledgement_Telugu Medium.indd 327 02-07-2022 11:56:20

NOTE

11th_Physics_Vol-2_Acknowledgement_Telugu Medium.indd 328 02-07-2022 11:56:20