State Council of Educational Research & Training
Andhra Pradesh

Physical Science   Semester (సెమిస్టర్) - 2   Class IX

Textbook of

PHYSICAL SCIENCE

భౌతిక రసాయన శాస్త్రం

9

Free distribution by Samagra Shiksha, Government of Andhra Pradesh

Semester (సెమిస్టర్) - 2

सत्यमेव जयते

CONSTITUTION OF INDIA

Preamble

WE, THE PEOPLE OF INDIA, having
solemnly resolved to constitute India into a
SOVEREIGN SOCIALIST SECULAR DEMOCRATIC REPUBLIC
and to secure to all its citizens:
JUSTICE
Social, economic and political;
LIBERTY
of thought, expression, belief, faith and worship;
EQUALITY
of status and of opportunity; and to
promote among them all
FRATERNITY
assuring the dignity of the individual and the unity and
integrity of the Nation;
IN OUR CONSTITUENT ASSEMBLY
this twenty-sixth day of November, 1949, do
HEREBY ADOPT, ENACT AND GIVE TO
OURSELVES THIS CONSTITUTION

భారత రాజ్యాంగం - పౌర విధులు

1. రాజ్యాంగమునకు బద్ధుడై వుండుట, దాని ఆదర్శాలను, సంస్థలను, జాతీయ పతాకమును,జాతీయ గీతమును గౌరవించుట;
2. జాతీయ స్వాతంత్ర్య పోరాటమునకు స్ఫూర్తినిచ్చిన ఉన్నతాదర్శములను మనస్సుయందు ఉంచుకొని వాటిని అనుసరించుట;
3. భారత సార్వభౌమత్వం, ఐక్యత, అఖండతను సమర్థించుట మరియు సంరక్షించుట.
4. దేశమును రక్షించుట మరియు కోరినపుడు జాతికి సేవ చేయుట;
5. భారత ప్రజల మధ్య మత, భాష, ప్రాంతీయ, వర్గ వైవిధ్యములను అధిగమించి, సామరస్యమును, సోదర భావమును పెంపొందించుట, స్త్రీల గౌరవం తగ్గించు ఆచారములను విడనాడుట;
6. మన ఉమ్మడి సంస్కృతినీ, సుసంపన్న సంప్రదాయాలను గౌరవించి రక్షించుట;
7. అడవులు, సరస్సులు, నదులు, అడవి జంతువులతో సహా ప్రాకృతిక పరిసరాలను కాపాడి అభివృద్ధి చేయుట మరియు సమస్త జీవుల యెడల కరుణార్ద్రత కలిగి వుండుట.
8. శాస్త్రీయ దృక్పథాన్ని, మానవతావాదాన్ని, జిజ్ఞాసను, సంస్కరణ తత్వాన్ని పెంపొందించుకొనటం;
9. ప్రజల ఆస్తిని సంరక్షించుట, హింసను విడనాడుట;
10. ప్రయత్నాలు, సాధనల ఉన్నతస్థాయిలను నిరంతరం అందుకొనునట్లుగా వైయక్తిక, సమిష్టి కార్య రంగాలన్నింటిలో శ్రేష్ఠత కోసం, కృషి చేయుట ప్రాథమిక కర్తవ్యమై వుండవలెను.
11. ఆరు నుండి పద్నాలుగు సంవత్సరముల వయస్సు కలిగిన బాలునికి లేదా బాలికకు తల్లి తండ్రి లేదా సంరక్షకునిగావున్న వ్యక్తి తనబిడ్డ లేదా సందర్భానుసారము తన సంరక్షితునికి విద్యార్జనకు అవకాశములు కల్పించవలెను.

(అధికరణం 51 A)

విద్యాహక్కు చట్టం

6 నుండి 14 సంవత్సరముల పిల్లలందరికి ఉచిత నిర్బంద ఎలిమెంటరీ విద్యనందించడానికి ఉద్దేశించబడినవి. ఇది ఏప్రిల్ 1, 2010 నుండి అమల్లోకి వచ్చింది.

చట్టంలోని ముఖ్యాంశాలు:

- పిల్లలందరికి అందుబాటులో పాఠశాలలను ఏర్పాటుచేయాలి.
- పాఠశాలలకు మౌలిక వసతులను కల్పించాలి.
- పిల్లలందరిని వయస్సుకు తగిన తరగతిలో చేర్పించాలి.
- వయస్సుకు తగ్గ తరగతిలో చేర్చిన తర్వాత తోటి వారితో సమానంగా ఉండటానికి ప్రత్యేకశిక్షణ ఇప్పించాలి.
- ప్రత్యేక అవసరాలు కల్గిన పిల్లలకు సాధారణ పిల్లలతోపాటు విద్యకొనసాగించడానికి తగువసతులు ఏర్పాట్లు చేయాలి.
- బడిలో చేర్చుకోడానికి ఎలాంటి పరీక్షలు నిర్వహించరాదు. ఎటువంటి రుసుము, చార్జీలు వసూలు చేయరాదు.
- బడిలో చేరిన పిల్లల పేరు తీసివేయడం, అదే తరగతిలో కొనసాగించడం చేయరాదు.
- పిల్లల్ని శారీరకంగా, మానసికంగా హింసించరాదు.
- వయస్సు నిర్ధారణ పత్రం, ఇతర ధృవీకరణ పత్రాలు లేవనే కారణం చేత పిల్లలకు బడిలో ప్రవేశాన్ని నిరాకరించరాదు.
- తగిన అర్హతలున్న వారిని మాత్రమే ఉపాధ్యాయులుగా నియమించాలి.
- పిల్లలు నిర్దేశించిన సామర్థ్యాలు సాధించేలా బోధనాభ్యసనం, మూల్యాంకనం ఉండాలి.
- ఎలిమెంటరీ విద్య పూర్తయ్యేవరకు పిల్లలకు ఎలాంటి బోర్డు పరీక్షలు నిర్వహించరాదు.
- పద్నాలుగు సంవత్సరాలు పూర్తయినప్పటికినీ, ఎలిమెంటరీ విద్య పూర్తయ్యేవరకు పాఠశాలలో పిల్లలు కొనసాగవచ్చును.
- బలహీన వర్గాలకు, ప్రతికూల పరిస్థితులను ఎదుర్కొంటున్న బృందాలకు చెందిన పిల్లలు ఏ విధమైన వివక్షతకు గురికాకుండా చూడాలి.
- రాజ్యాంగంలో పొందుపరిచిన విలువలకు అనుగుణంగా, విద్యార్థులను భయం, ఆందోళనకు గురిచేయని రీతిలో వారి సర్వతోముఖాభివృద్ధికి తోడ్పడే పాఠ్యప్రణాళిక రూపొందించాలి.

PHYSICAL SCIENCE

Class - IX, Semester - 2

0964

State Council of Educational Research & Training
Andhra Pradesh

© Government of Andhra Pradesh, Amaravati

First Published 2023

All rights reserved

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means without the prior permission in writing of the publisher, nor be otherwise circulated in any form of binding or cover other than that in which it is published and without a similar condition including this condition being imposed on the subsequent purchaser.

The copyright holder of this book is the Commissioner of School Education, Amaravati, Andhra Pradesh.

This book has been printed on 70 G.S.M. SS Maplitho
Title Page 200 G.S.M. White Art Card

Free distribution by Samagra Shiksha, Government of Andhra Pradesh

Printed in India
at the A.P. Govt. Text Book Press
Amaravati
Andhra Pradesh

PHYSICAL SCIENCE

Class - IX, Semester - 2

Text Book Development Committee

Sri **Praveen Prakash** I.A.S
Principal Secretary to Government
Department of School Education, AP

Sri **S. Suresh Kumar** I.A.S
Commissioner of School Education &
State Project Director, Samagra Shiksha, AP

Ms. **Nidhi Meena** I.A.S
Special Officer English Medium Project
O/o the Commissioner of School Education, AP

Dr. **B. Pratap Reddy**
MA., B.Ed., Ph.D.
Director, SCERT, AP

Sri **K. Ravindranadh Reddy**
M.A., B.Ed.
Director, Govt. Text book Press, AP

Programme Co-ordinators

Dr. **G. Kesava Reddy**
MSc, MSc, MEd, MPhil, PhD
Prof. C&T, SCERT, AP

Subject Co-ordinator

Dr. **Sangoju Rajeswari**
Prof. SCERT, AP

Sri **D. David**
Lecturer SCERT, AP

Sri **M. N. Prakash**
Faculty SCERT, AP

Technical Co-ordinator

Dr. **Ch.V.S. Ramesh Kumar**
Faculty, SCERT-AP

Published by Government of Andhra Pradesh, Amaravati.

Editors for Translation

Dr. **Borelli Deva Prasad Raju**
Professor of Physics,
Sri Venkateswara University

Dr. **K.S.V Krishna Rao**
Associate Professor Chemistry
Yogi Vemana University

Dr. **Y.P. Venkata Subbaiah**
Registrar, Yogi Vemana University

Translators

Sri. **R. Sivanageswara Rao**
ZPHS, Athota, Kollipara (M), Guntur Dist.

Sri. **Ajjada Naresh**
ZPHS, Kotyada, Kota (M), E.G. Dist

Sri. **B.V.L.N. Ananda Babu**
Govt. High School, Korukonda, E.G. Dist

Sri. **GK. Sham Sheer Khan**
ZPHS, Tekumandada, Bangaru Palayam (M),
Chittoor Dist.

Smt. **K. Lakshmana Kumari**
ZPHS, Bhemuni patnam, Visakhapatnam Dist.

Sri. **G. Gangadhar**
ZPHS, Chinna Machupalli, Chennuru (M),
Kadapa Dist.

Sri. **M. Srinivasa Rao**
Muncipal High School, Gudivada, Krishna Dist.

Sri. **S. Brahmananda Reddy**
ZPHS, Valicherla, H.M Padu (M),
Prakasam Dist,

Smt. **B. Punyavathi**
KGBV, Dharmavaram, Satyasai Dist

Smt. **B.Vijaya Bharathi**
GTWA. GH School, Nelabonthu (M),
Srikakulam Dist

Sri. **K. Sundara Rao**
ZPHS, Karimaddula, Nandyal Dist.

Designing & Page Layout : Stock Assortment, Bapatla.

Textbook Development Committee (NCERT)

CHAIRPERSON, ADVISORY GROUP FOR TEXTBOOKS IN SCIENCE AND MATHEMATICS

J.V. Narlikar, *Emeritus Professor,* Inter University Centre for Astronomy and Astrophysics (IUCCA), Ganeshkhind, Pune University, Pune

CHIEF ADVISOR

V.B. Bhatia, *Professor (Retd.) (Physics)*, Delhi University, Delhi

MEMBERS

Bharati Sarkar, *Reader (Retd.) (Zoology)*, Maitreyi College, Delhi University, Delhi

C. V. Shimray, *Lecturer,* Department of Education in Science and Mathematics, (DESM), NCERT, Sri Aurobindo Marg, New Delhi

Gagandeep Bajaj, *Lecturer,* Department of Education, SPM College, Delhi University, Delhi

H.C. Jain, *Principal, (Retd.)* Regional Institute of Education, Ajmer

Harsh Kumari, *Headmistress,* CIE Experimental Basic School, Department of Education, Delhi University, Delhi

J. S. Gill, *Professor (Retd.),* DESM, NCERT, Sri Aurobindo Marg, New Delhi

Kanhiya Lal, *Principal (Retd.)*, Directorate of Education, Delhi

Lalita S. Kumar, *Reader (Chemistry),* School of Sciences, Indira Gandhi National Open University (IGNOU), Maidan Garhi, New Delhi

P.C. Agarwal, *Reader*, Regional Institute of Education, Ajmer

P.S. Yadava, *Professor,* Department of Life Sciences, Manipur University, Imphal

Puranchand, *Professor and Joint Director (Retd.),* Central Institute of Educational Technology (CIET), NCERT, Sri Aurobindo Marg, New Delhi

R. Joshi, *Lecturer (SG),* DESM, NCERT, Sri Aurobindo Marg, New Delhi

Rachna Garg, *Lecturer,* Central Institute of Educational Technology (CIET), NCERT, Sri Aurobindo Marg, New Delhi

Rashmi Sharma, *Lecturer,* North-East Regional Institute of Education, Shillong

R.K. Parashar, *Reader*, Regional Institute of Education, Bhubaneshwar

Ruchi Verma, *Lecturer,* DESM, NCERT, Sri Aurobindo Marg, New Delhi

Shashi Prabha, *Lecturer,* DESM, NCERT, Sri Aurobindo Marg, New Delhi

Sunila Masih, *Teacher,* Mitra GHS School, Suhagpur, P.O. Hoshangabad, Madhya Pradesh

MEMBER-COORDINATOR

R. S. Sindhu, *Professor*, DESM, NCERT, Sri Aurobindo Marg, New Delhi

Foreword

The Government of Andhra Pradesh has unleashed a new era in school education by introducing extensive curricular reforms from the academic year 2020-21. The Government has taken up curricular reforms intending to enhance the learning outcomes of the children with focus on building solid foundational learning and to build up an environment conducive for an effective teaching-learning process. To achieve this objective, The Government of A.P has adopted NCERT curriculum from Class 8th for academic year 2022 - 23 and for 9th &10th in a phased manner to reach the global standards.

To enrich the content of the subject QR codes are incorporated in the beginning of each lesson to enable learning outside the classroom. In this textbook, lessons are prepared based on the themes like Materials, Moving things, How things work, People and ideas, Natural Phenomena and Natural resources are incorporated under Physical Science. In order to reinforce the concepts, several projects and activities are given to inculcate scientific temperament. Each lesson is provided with eye catching illustrations to engage the children. The salient features of the lessons are given under the title "What you have learnt" for the review of the important concepts. Questions are framed for each lesson to recapitulate the conceptual understanding and to achieve competencies required for project works, drawings and model makings under “Exercises”. An effort has been made to relate the scientific concepts with the real-life events thereby developing and promoting scientific temperament in “Extended Learning - Activities and Projects”.

We are grateful to our Honourable Chief Minister Sri Y.S. Jagan Mohan Reddy for being our source of inspiration to carry out this extensive reform in the Education Department. We extend our gratitude to our Honourable Minister of Education Sri Botcha Satyanarayana for striving towards qualitative education. Our special thanks to Sri Praveen Prakash, IAS, Principal Secretary, School Education Sri S. Suresh Kumar IAS, Commissioner of School Education & State Project Director, Samagra Shiksha A.P, and Ms. Nidhi Meena IAS, Special Officer English Medium Project - AP. for their constant motivation and guidance.

We convey our special thanks to the NCERT for their cooperation and assistance in adopting their curriculum. We also thank to our translaters, editors and layout designers for their contribution in the development of this textbook. We invite constructive feedback from the teachers and the parents in further refinement of the textbook.

Dr. B. Pratap Reddy
Director
SCERT – Andhra Pradesh

Preface

This book is the outcome of the efforts of the textbook development committee appointed by the NCERT. The committee met a few times to interact with one another to improve the draft. Then there was a review meeting in which many experts and practicing school teachers were invited to review the draft and suggest improvements.

By and large we have stuck to the format of the Class VII book. By now famous characters, Boojho and Paheli, have been used to make the text interactive. Attempt has been made to recall children's own experiences and build concepts around them. This is designed to connect science that they study in the school with their everyday life.

Many activities have been suggested to clarify concepts. Some of these activities are so simple that children can perform them on their own. The requirement of the apparatus required for the activities is minimal. We performed all the activities ourselves to ensure that there was no difficulty in performing them in the school situation. The activities should also help children in developing skills such as presentation of data in tabular and graphical forms, reasoning and drawing inference from the given data.

The language of the book has been kept as simple as possible. A large number of photographs, illustrations, cartoons, etc. have been included to make the book attractive. To help teachers evaluate children effectively, a large number of exercises have been given at the end of each chapter. The teachers are encouraged to frame additional exercises to test children's understanding. Some challenging exercises have also been devised for those children who would like to appear for the National Talent Search Examination conducted by the NCERT.

We are conscious of the fact that there is a paucity of additional reading material for children. We have tried to address this problem by providing *non-evaluative boxes*. These boxes, in light orange, contain additional information, anecdotes, stories, strange facts and other such interesting materials.

We all know that children are mischievous and playful by nature. Therefore, in order to prevent any untoward incident during the performance of the activities in the school or outside, necessary cautions, in magenta, have been inserted at various places in the book.

To prepare children to assume their roles as responsible citizens of tomorrow, attempt has been made to sensitise them to the issues concerning gender, religion, environment, health and hygiene, water scarcity and energy conservation. We have sought to weave into the text the value of cooperation and the importance of peer learning.

An important feature of the book is what we call *Extended Learning*. These are totally *non-evaluative*, and purely voluntary activities and projects. Some of the projects in this section have been designed to enhance children's interaction with the experts, teachers, even parents, and society at large. The children are required to collect information of various kinds and draw conclusions of their own.

My request to teachers and parents is to use the book in the spirit in which it has been written. Encourage children to perform activities and learn by doing, rather than by rote. You can supplement, or even replace, the activities given here.

If you feel that you have better alternatives, especially with your local / regional flavour, please write to us so that these activities could be used in the future editions of the book.

We have been able to include only a small subset of children's experiences. You have a better knowledge of their experiences because you are in touch with them. Use them to illustrate the concepts being taught. Above all, please do not stifle children's natural curiosity. Encourage them to ask questions, even if sometimes you feel uncomfortable. If you do not know the answer to a question on the spot, do not feel embarrassed. You can promise them to find the answer and deal with it later. Make a genuine attempt to get the answer from whatever resources are within your reach, such as senior school or college teachers, experts, libraries, internet etc. If, inspite of your efforts, you cannot get the answer to some question, you could write to NCERT.

I must thank the NCERT for enabling us to talk to children through the medium of this book. Every member of the NCERT has been courteous and helpful to us.

In the end, I must express my gratitude to the members of the Editing Team, who worked tirelessly to help me bring the book to the present form. If you and your students find this book useful and enjoy teaching / learning science through this book, the Editing Team and I shall consider ourselves well-rewarded.

V.B. BHATIA

Chief Advisor
Textbook Development Committee

Acknowledgements

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) acknowledges the valuable contribution of the individuals and organisations involved in the development of this book. The Council acknowledges the valuable contribution of the following academics for reviewing and refining the manuscript of this book: K.C. Sharma, *Reader (Physics),* Regional Institute of Education, Ajmer; Charu Verma, *Lecturer (Science),* DIET, Pitampura, Delhi; Geeta Bajaj, *TGT (Science),* K.V. No. 3, Delhi Cantt., New Delhi; K.D. Sharma, *TGT (Science),* R.P.V.V. Civil Lines, Delhi; Manohar Lal Patel, *Teacher,* Govt. R.N.A. Higher Secondary School, Pipariya, Madhya Pradesh; Reeta Sharma, *Reader (Botany)*, Regional Institute of Education, Bhopal; Kamal Deep Peter, OEI, Oracle India, Bangalore; Puneeta Sharma, *TGT (Science),* L.D. Jain Girls Senior Secondary School, Sadar Bazar, Delhi; M.C. Das, *Teacher (Science),* Govt. Secondary School, Zoom, West Sikkim; Deepti Kohli, P.D. Public School, Shalimar Bagh, Delhi; Sulekha Chandra, *Reader (Chemistry)*, Zakir Husain College, Delhi University, Delhi; R.S. Tomar, *TGT (Science)*, J.N.V. Mothuka, Faridabad (Haryana); Anjali Khirwadkar, *Lecturer,* Department of Education, M.S. University, Baroda (Gujrat); Suresh Chand, *TGT (Science),* J.N.V. Ghaziabad Uttar Pradesh; Satheesh H.L., *TGT (Science),* Demonstration School, Regional Institute of Education, Mysore; Simminder Kaur Thukral, NIIT, Kalkaji, New Delhi; M.M. Kapoor, *Professor (Retd.) (Chemistry),* Delhi University, Delhi; Sarita Kumar, *Reader (Zoology)*, Acharya Narendra Dev College, Delhi University, Delhi. The contributions of Pushplata Verma, R.R. Koireng, Pramila Tanvar and Ashish K. Srivastava, *Assistant Professors*, are acknowledged for being a part of the review of this textbook.

The Council gratefully acknowledges the valuable suggestions received from the National Monitoring Committee in the development of the manuscript of this textbook.

The dynamic leadership of Professor Hukum Singh, Head, DESM, for providing guidance at different stages of development of the textbook and extending infrastructure facilities is highly acknowledged. Special thanks are due to Shveta Uppal, *Chief Editor* and Shashi Chadha, *Assistant Editor* for going through the manuscript and suggesting relevant changes.

The Council also acknowledges the efforts of Deepak Kapoor, *Incharge* Computer Station, Inder Kumar, *DTP Operator*; K.T. Chitralekha, *Copy Editor* and Ritu Jha, *Proof Reader*.

The contributions of APC office, administration of DESM, Publication Department and Secretariat of NCERT is also acknowledged.

A Note for the Students

The team of Paheli and Boojho will be with you as you journey through this textbook. They love to ask questions. All kinds of questions come to their minds and they collect them in their sacks. Sometimes, they may share some of the questions with you, as you read through the chapters.

Paheli and Boojho are also on the lookout for answers to many questions — sometimes the questions seem answered after they discuss them with each other, sometimes through discussions with other classmates, teachers or their parents. Answers to some questions do not seem available even after all these. They might need to experiment on their own, read books in the library, send questions to scientists. Just dig and dig and dig into all possibilities and see if the questions can be answered. Perhaps, they would carry some of the unanswered questions in their sacks to higher classes.

What will really thrill them would be your adding questions to their sacks or answers to their questions. Sometimes, activities are suggested in the textbook, results or findings of these by different groups of students would be of interest to other students and teachers. You can complete the suggested activities and send your results or findings to Paheli and Boojho. Do keep in mind that activities that involve using blades, scissors or fire need to be done strictly under the care of your teachers. Stick to the precautions given and then enjoy doing all the suggested activities. Mind, the book will not be able to help you much, if the activities are not completed!

We would like to advise you that you must make observations yourself and record whatever results you get. Keen and true observations are necessary for exploring any subject of study. For some reason your results may turn out to be different from those of your classmates. Do not worry. Try to find out the reason for these results instead of disregarding them. Do not ever copy results from your classmate.

You can send your feedback for Paheli and Boojho at:

To

The Head
Department of Education in
Science and Mathematics,
NCERT, Sri Aurobindo Marg,
New Delhi 110016

CONTENTS

Chapter 8
Force and Laws of Motion 2
బలం మరియు గమన నియమాలు

Chapter 9
Gravitation 28
గురుత్వాకర్షణ

Chapter 10
Work and Energy 54
పని మరియు శక్తి

Chapter 11
Sound 108
ధ్వని

H6V1A9
Teacher Corner

N5Y3S5
Student Corner

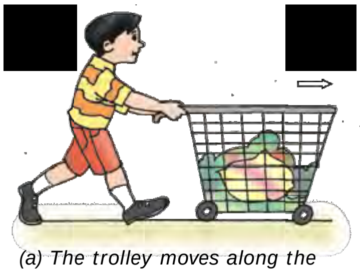
0964CH09

Chapter 8

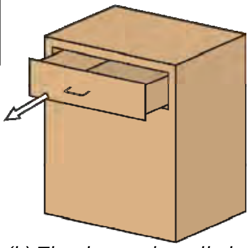
FORCE AND LAWS OF MOTION

In the previous chapter, we described the motion of an object along a straight line in terms of its position, velocity and acceleration. We saw that such a motion can be uniform or non-uniform. We have not yet discovered what causes the motion. Why does the speed of an object change with time? Do all motions require a cause? If so, what is the nature of this cause? In this chapter we shall make an attempt to quench all such curiosities.

For many centuries, the problem of motion and its causes had puzzled scientists and philosophers. A ball on the ground, when given a small hit, does not move forever. Such observations suggest that rest is the "natural state" of an object. This remained the belief until Galileo Galilei and Isaac Newton developed an entirely different approach to understand motion.



(a) The trolley moves along the direction we push it.



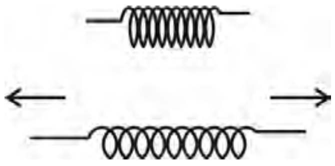
(b) The drawer is pulled.

(c) The hockey stick hits the ball forward

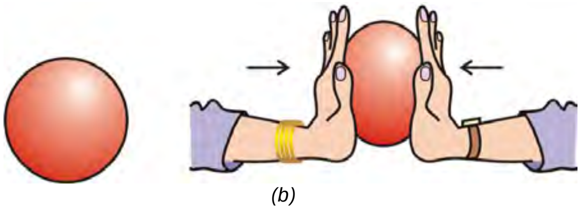
Fig. 8.1: Pushing, pulling, or hitting objects change their state of motion.

In our everyday life we observe that some effort is required to put a stationary object into motion or to stop a moving object. We ordinarily experience this as a muscular effort and say that we must push or hit or pull on an object to change its state of motion. The concept of force is based on this push, hit or pull. Let us now ponder about a 'force'. What is it? In fact, no one has seen, tasted or felt a force. However, we always see or feel the effect of a force. It can only be explained by describing what happens when a force is applied to an object. Pushing, hitting and pulling of objects are all ways of bringing objects in motion (Fig. 8.1). They move because we make a force act on them.

From your studies in earlier classes, you are also familiar with the fact that a force can be used to change the magnitude of velocity of an object (that is, to make the object move faster or slower) or to change its direction of motion. We also know that a force can change the shape and size of objects (Fig. 8.2).



(a)



(b)

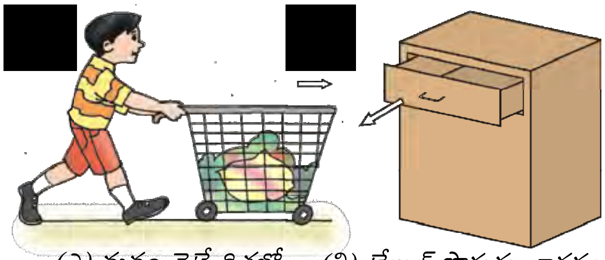
Fig. 8.2: (a) A spring expands on application of force; (b) A spherical rubber ball becomes oblong as we apply force on it.

అధ్యాయం 8

బలం మరియు గమన నియమాలు

గత అధ్యాయంలో సరళరేఖ వెంబడి కదులుతున్న వస్తువు యొక్క చలనంను దాని యొక్క స్థానం, వేగం, త్వరణం ఆధారంగా వివరించాము. అటువంటి చలనం సమ చలనం లేదా అసమచలనం అయి ఉండవచ్చు. చలనానికి కారణాలను మనం ఇంకా కనుగొనలేదు. కాలంతో పాటు వస్తువు వేగం ఎందుకు మారుతుంది? అన్ని చలనాలకు ఒక కారణం అవసరమా? అలా అయితే, ఆ కారణం యొక్క స్వభావం ఏమిటి? ఈ అధ్యాయంలో ఇటువంటి సందేహాలను నివృత్తిచేసుకునే ప్రయత్నం చేద్దాం!.

చాలా శతాబ్దాల పాటు చలనం మరియు దాని కారణాలకు సంబంధించిన సమస్య శాస్త్రవేత్తలకు మరియు తత్వవేత్తలకు చిక్కు ప్రశ్న లాగా ఉండేది. నేల మీద ఉన్న బంతి మెల్లిగా కొడితే ఎప్పటికీ అలాగే కదులుతూ ఉండదు. ఇలాంటి పరిశీలనలు ఒక వస్తువు యొక్క నిశ్చలస్థితి "సహజస్థితి" అని సూచిస్తుంది. గెలీలియో గెలీలి మరియు ఐజాక్ న్యూటన్‌లు చలనాన్ని అర్థం చేసుకునేందుకు మొత్తంగా విభిన్నమైన విధానాన్ని అభివృద్ధి చేసేంతవరకు పై విషయాన్ని నమ్మేవారు.



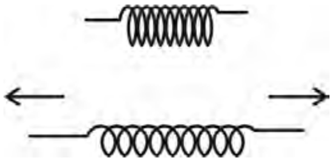
(ఎ) మనం నెట్టే దిశలో ట్రాలీ కదులుతుంది (బి) టేబుల్ సొరుగు లాగడం

(సి) హాకీ స్టిక్‌తో కొట్టగా బంతి ముందుకు కదులుతుంది

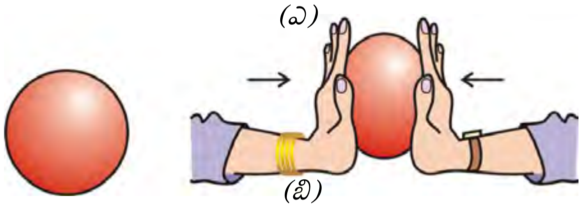
పటం 8.1: నెట్టుట, లాగుట లేదా కొట్టుట ద్వారా వస్తువులు తన చలన స్థితిని మార్చుకుంటాయి

మన నిత్యజీవితంలో నిశ్చలస్థితిలో ఉన్న వస్తువును గమనంలోకి తీసుకొని రావాలన్నా లేదా కదులుతున్న వస్తువును ఆపాలన్నా కొంత ప్రయత్నం కావాలి. సాధారణంగా మనం దీనిని కండర బలమని భావిస్తాం మరియు ఒక వస్తువు యొక్క చలనస్థితిని మార్చాలంటే మనం దానిని నెట్టాలి లేదా కొట్టడం లేదా లాగడం చేయాలి. బలం అనే భావన ఈ నెట్టడం, కొట్టడం లేదా లాగడం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఇప్పుడు మనం బలం గురించి ఆలోచిద్దాం. బలం అంటే ఏమిటి? ఇప్పటి వరకు ఎవరూ బలాన్ని చూడలేదు, రుచి చూడలేదు. అనుభూతి పొందలేదు. కానీ మనం బలం యొక్క ప్రభావాన్ని మాత్రం చూడవచ్చు లేదా అనుభవించవచ్చు. ఒక వస్తువు మీద బలం ప్రయోగించినప్పుడు ఏమి జరుగుతుందో వివరించడం ద్వారా మాత్రమే దానిని గురించి విపులంగా చెప్పవచ్చు. వస్తువులను నెట్టడం, కొట్టడం మరియు లాగడం వంటివన్నీ వస్తువులకు చలనం కలిగించే మార్గాలు. (పటం 8.1) వాటి మీద మనం బలం ప్రయోగించాం కాబట్టి అవి కదులుతాయి.

క్రింది తరగతులలో మనం చదువుకున్న ప్రకారం, ఒక వస్తువు యొక్క వేగం పరిమాణం మార్చడానికి (వస్తువు వేగం పెంచుట లేదా తగ్గించుటకు) లేదా దాని చలన దిశ మార్చడానికి బలాన్ని ఉపయోగించవచ్చు అన్న విషయం మీకు తెలుసు. బలం వస్తువుల యొక్క ఆకారాన్ని మరియు పరిమాణాన్ని మార్చగలదు అని కూడా మనకు తెలుసు. (పటం 8.2)



(ఎ)



(బి)

పటం 8.2: (ఎ) ఒక స్ప్రింగ్‌పై బలం ప్రయోగించినపుడు అది సాగుతుంది.
(బి) ఒక గోళాకార రబ్బరు బంతిపై బలం ప్రయోగించినపుడు బంతి నొక్కబడుతుంది

8.1 Balanced and Unbalanced Forces

Fig. 8.3 shows a wooden block on a horizontal table. Two strings X and Y are tied to the two opposite faces of the block as shown. If we apply a force by pulling the string X, the block begins to move to the right. Similarly, if we pull the string Y, the block moves to the left. But, if the block is pulled from both the sides with equal forces, the block will not move. Such forces are called balanced forces and do not change the state of rest or of motion of an object. Now, let us consider a situation in which two opposite forces of different magnitudes pull the block. In this case, the block would begin to move in the direction of the greater force. Thus, the two forces are not balanced and the unbalanced force acts in the direction the block moves. This suggests that an unbalanced force acting on an object brings it in motion.

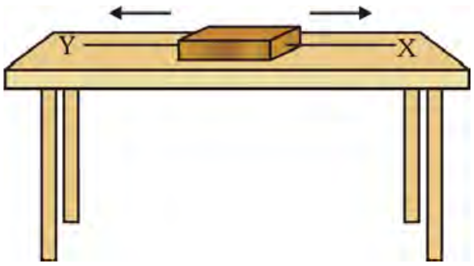
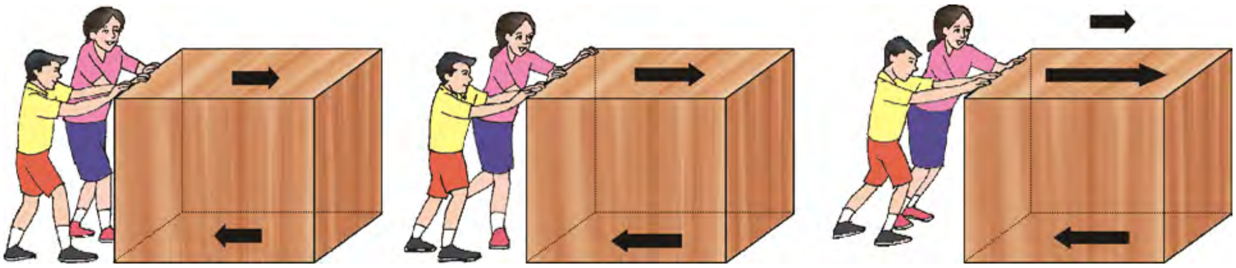


Fig. 8.3: Two forces acting on a wooden block

What happens when some children try to push a box on a rough floor? If they push the box with a small force, the box does not move because of friction acting in a direction opposite to the push [Fig. 8.4(a)]. This friction force arises between two surfaces in contact; in this case, between the bottom of the box and floor's rough surface. It balances the pushing force and therefore the box does not move. In Fig. 8.4(b), the children push the box harder but the box still does not move. This is because the friction force still balances the pushing force. If the children push the box harder still, the pushing force becomes bigger than the friction force [Fig. 8.4(c)]. There is an unbalanced force. So the box starts moving.

What happens when we ride a bicycle? When we stop pedalling, the bicycle begins to slow down. This is again because of the friction forces acting opposite to the direction of motion. In order to keep the bicycle moving, we have to start pedalling again. It thus appears that an object maintains its motion under the continuous application of an unbalanced force. However, it is quite incorrect. An object moves with a uniform velocity when the forces (pushing force and frictional force) acting on the object are balanced and there is no net external force on it. If an unbalanced force is applied on the object, there will be a change either in its speed or in the direction of its motion. Thus, to accelerate the motion of an object, an unbalanced force is required. And the change in its speed (or in the direction of motion) would continue as long as this unbalanced force is applied. However, if this force is removed

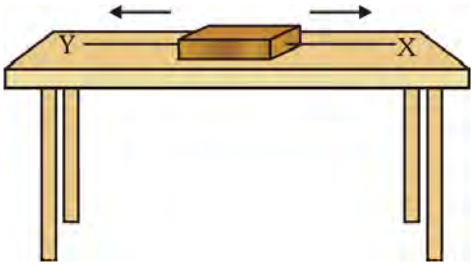


(*a*) (*b*) (*c*)

Fig. 8.4

8.1 తుల్య మరియు అసమతుల్యబలాలు

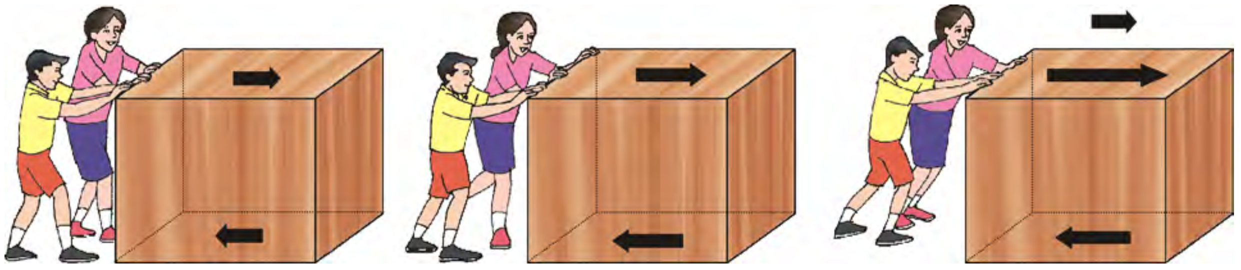
పటం 8.3 ఒక క్షితిజసమాంతరంగా ఉన్న బల్ల పైన చెక్క దిమ్మె చూపిస్తుంది. X మరియు Y అనే రెండు తీగలు చెక్కదిమ్మె యొక్క రెండు వ్యతిరేఖముఖాలకు పటంలో చూపినవిధంగా కట్టబడి ఉన్నాయి. మనం బలం ప్రయోగించి X తీగను లాగితే, చెక్క దిమ్మె కుడివైపుకు కదులుతుంది. అదేవిధంగా Y తీగను లాగితే దిమ్మె ఎడమ వైపుకు కదులుతుంది. కానీ దిమ్మెను రెండు వైపుల నుండి సమాన బలాలతో లాగితే, దిమ్మె కదలదు. అటువంటి బలాలను తుల్యబలాలు అంటారు. అవి వస్తువు యొక్క నిశ్చల స్థితి లేదా గమనస్థితిని మార్చలేవు. ఇప్పుడు విభిన్న పరిమాణాలు గల బలాలు వ్యతిరేఖ దిశలో దిమ్మెనులాగే పరిస్థితిని పరిశీలిద్దాం. ఈ సందర్భంలో దిమ్మె ఎక్కువ బల పరిమాణం గల దిశలో కదలడం మొదలు పెడుతుంది. ఈ విధంగా రెండు బలాలు తుల్యం కాలేదు మరియు దిమ్మె కదిలే దిశలో అసమతుల్యబలం పనిచేస్తుంది. ఒక వస్తువు పై పని చేసే అసమ తుల్యబలం దానిని చలనంలోనికి తీసుకువస్తుందని ఇది సూచిస్తుంది.



పటం 8.3: చెక్కదిమ్మపై పనిచేసే రెండు బలాలు

కొంతమంది పిల్లలు ఒక గరుకుతలంపై గల ఒక పెట్టెను నెట్టడానికి ప్రయత్నిస్తే ఏమి జరుగుతుంది? ఒకవేళ వారు పెట్టెను చిన్న బలంతో నెట్టితే పెట్టె కదలదు. ఎందుకంటే నెట్టుటకు వ్యతిరేఖ దిశలో ఘర్షణ [పటం 8.4 (ఎ)] పనిచేస్తుంది. స్పర్శలో ఉన్న రెండు తలాల మధ్య ఈ ఘర్షణ బలం పనిచేస్తుంది. ఈ సందర్భంలో పెట్టె యొక్క అడుగుభాగం మరియు నేల యొక్క గరుకుతలం మధ్య ఘర్షణ బలం పనిచేస్తుంది. ఇది నెట్టే బలాన్ని తుల్యం చేస్తుంది. కాబట్టి పెట్టె కదలదు. పటం 8.4(బి)లో పిల్లలు పెట్టెను మరికొంత బలంతో నెట్టుతున్నారు కానీ పెట్టె ఇప్పటికీ కదలలేదు. ఎందుకనగా ఘర్షణ బలం నెట్టే బలాన్ని ఇంకా తుల్యం చేస్తూనే ఉంది కాబట్టి. పిల్లలు పెట్టెను మరింత గట్టిగా నెట్టితే నెట్టే బలం ఘర్షణ బలం కన్నా ఎక్కువ అవుతుంది [పటం 8.4 (సి)]. ఇది ఒక అసమ తుల్య బలం, కాబట్టి పెట్టె కదలడం మొదలవుతుంది.

మనం సైకిల్ తొక్కేటప్పుడు ఏమి జరుగుతుంది? మనం సైకిల్ పెడల్ ను తొక్కడం ఆపగానే సైకిల్ యొక్క వేగం మెల్లగా తగ్గడం మొదలవుతుంది. ఇది ఎందుకంటే ఘర్షణ బలాలు చలన దిశకు వ్యతిరేకంగా పనిచేస్తాయి. కావున సైకిల్ గమనంలోనే ఉండాలి అంటే మళ్లీ మనం సైకిల్ తొక్కడం మొదలుపెట్టాలి. నిరంతరంగా పనిచేసే ఒక అసమతుల్యబలం వల్ల ఒక వస్తువు తన గమనాన్ని కొనసాగించగలుగుతున్నట్లుగా కనిపిస్తుంది. కానీ ఇది చాలా తప్పు. ఒక వస్తువు పై పనిచేసే బలాలు (నెట్టే బలం మరియు ఘర్షణ బలం) తుల్యబలాలు అయి మరియు ఎటువంటి ఫలిత బాహ్యబలం లేకపోతే వస్తువు సమవేగంతో చలిస్తుంది. ఒక వస్తువు పైన ఒక అసమతుల్య బలం పనిచేసినట్లైతే, ఆ వస్తువు యొక్క వేగంలో మరియు చలన దిశలో మార్పు ఉంటుంది. కాబట్టి, ఒక వస్తువు చలనానికి త్వరణం కలిగించాలంటే అసమతుల్య బలం కావాలి. అంతేకాక ఈ అసమతుల్య బలం పని చేసినంతసేపు వస్తువు యొక్క వేగంలో మార్పు (లేక చలన దిశలో మార్పు) జరుగుతూనే ఉంటుంది. కానీ, ఈ బలాన్ని



(ఎ) (బి) (సి)

పటం 8.4

completely, the object would continue to move with the velocity it has acquired till then.

8.2 First Law of Motion

By observing the motion of objects on an inclined plane Galileo deduced that objects move with a constant speed when no force acts on them. He observed that when a marble rolls down an inclined plane, its velocity increases [Fig. 8.5(a)]. In the next chapter, you will learn that the marble falls under the unbalanced force of gravity as it rolls down and attains a definite velocity by the time it reaches the bottom. Its velocity decreases when it climbs up as shown in Fig. 8.5(b). Fig. 8.5(c) shows a marble resting on an ideal frictionless plane inclined on both sides. Galileo argued that when the marble is released from left, it would roll down the slope and go up on the opposite side to the same height from which it was released. If the inclinations of the planes on both sides are equal then the marble will climb the same distance that it covered while rolling down. If the angle of inclination of the right-side plane were gradually decreased, then the marble would travel further distances till it reaches the original height. If the right-side plane were ultimately made horizontal (that is, the slope is reduced to zero), the marble would continue to travel forever trying to reach the same height that it was released from. The unbalanced forces on the marble in this case are zero. It thus suggests that an unbalanced (external) force is required to change the motion of the marble but no net force is needed to sustain the uniform motion of the marble. In practical situations it is difficult to achieve a zero unbalanced force. This is because of the presence of the frictional force acting opposite to the direction of motion. Thus, in practice the marble stops after travelling some distance. The effect of the frictional force may be minimised by using a smooth marble and a smooth plane and providing a lubricant on top of the planes.

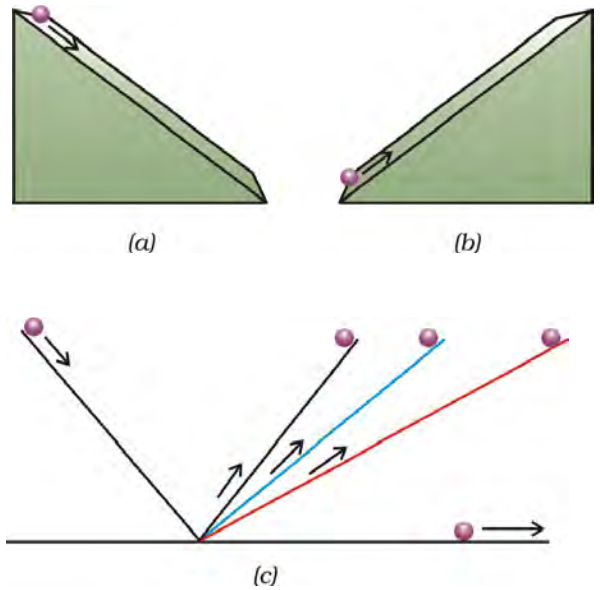


Fig. 8.5: (a) the downward motion; (b) the upward motion of a marble on an inclined plane; and (c) on a double inclined plane.

Newton further studied Galileo's ideas on force and motion and presented three fundamental laws that govern the motion of objects. These three laws are known as Newton's laws of motion. The first law of motion is stated as:

An object remains in a state of rest or of uniform motion in a straight line unless compelled to change that state by an applied force.

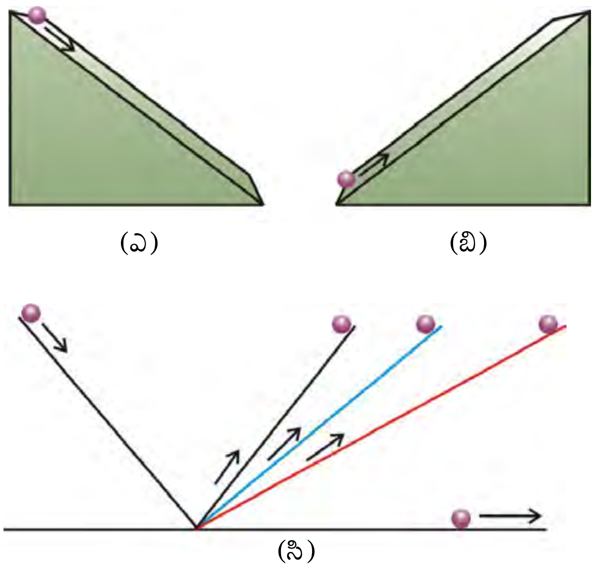
In other words, all objects resist a change in their *state of motion*. In a qualitative way, the tendency of undisturbed objects to stay at rest or to keep moving with the same velocity is called inertia. This is why, the first law of motion is also known as the law of inertia.

Certain experiences that we come across while travelling in a motorcar can be explained on the basis of the law of inertia. We tend to remain at rest with respect to the seat until the driver applies a braking force to stop the motorcar. With the application of brakes, the car slows down but our body tends to continue in the same state of motion because of its inertia. A sudden application of brakes may thus cause injury to us by impact or collision with the panels in front. Safety belts are worn

మొత్తంగా తీసివేస్తే, వస్తువు అప్పటివరకు కలిగి ఉన్న వేగంతో కదలిక కొనసాగిస్తుంది.

8.2 మొదటి గమన నియమం

గెలీలియో వాలు తలాలపై వస్తువుల చలనాన్ని పరిశీలించడం ద్వారా,వస్తువుల పైన ఏ బలమూ పనిచేయకపోతే అవి స్థిర వడితో చలిస్తాయి అని నిరూపించాడు. ఒక గోళీ వాలు తలంపై నుండి కిందకు దొర్లినప్పుడు దాని వేగం పెరుగుతుందని గమనించాడు. [(పటం8.5 (ఎ)] గోళీ వాలు తలంపై నుండి క్రిందికి దొర్లుతున్నప్పుడు అసమతుల్య గురుత్వాకర్షణ ప్రభావానికి లోనై అడుగు భాగం చేరేటప్పటికి ఒక నిర్థిష్టమైన వేగాన్ని పొందుతుందని రాబోయే అధ్యాయంలో మీరు నేర్చుకుంటారు. పటం 8.5 (బి)లో చూపినట్లుగా వాలు తలం పైకి ఎక్కేటప్పుడు దాని వేగం తగ్గిపోతుంది. పటం 8.5 (సి) ఒక ఆదర్శవంతమైన ఘర్షణలేని రెండు వైపులా వాలు కలిగిన తలంపై నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న ఒక గోళీ చూపిస్తుంది. ఒక గోళీని ఎడమ వైపు నుండి వదిలినప్పుడు అది వాలు తలం మీదుగా క్రిందికి దొర్లుతుంది మరియు ఎదురుగా ఉన్న వాలుతలం పైకి ఎంత ఎత్తు నుండి వదిలామో అంతే ఎత్తుకు చేరుతుందని గెలీలియో వాదించాడు. రెండు వైపులా ఉన్న తలాల వాలు సమానం అయితే, గోలి క్రిందకు దొర్లడానికి ఎంత దూరం ప్రయాణించిందో, పైకి ఎక్కడానికి కూడా అంతే దూరం ప్రయాణిస్తుంది. ఒకవేళ కుడి వైపు తలం యొక్క వాలుకోణాన్ని క్రమంగా తగ్గించి నట్లయితే, అప్పుడు తన అసలు ఎత్తును చేరుకోవడానికి ఇంకా అధిక దూరాలను కూడా ప్రయాణిస్తుంది. ఒకవేళ కుడి వైపు తలాన్ని క్షితిజ సమాంతరంగా ఉంచినట్లయితే (అంటే తలం వాలు సున్నకు తగ్గించినట్లయితే) గోళీ తను వదలబడిన ఎత్తును చేరుకోవడానికి ఎప్పటికీ ప్రయాణిస్తూనే ఉంటుంది. ఈ సందర్భంలో గోళీపై పనిచేసే అసమతుల్య బలాలు శూన్యం.ఒక గోళీ యొక్క చలనాన్ని మార్చడానికి ఒక అసమతుల్య బాహ్య బలం కావాలి. కానీ గోళీ యొక్క సమచలనాన్ని కొనసాగించడానికి బాహ్యబలం అవసరం లేదని ఇది సూచిస్తుంది. నిజ జీవిత సందర్భాలలో సున్న అసమతుల్య బలం సాధించడం కష్టం. ఎందుకంటే చలన దిశకు వ్యతిరేకంగా పనిచేసే ఘర్షణ బలం ఉంటుంది. అందువల్లే నిజజీవితంలో గోళీ కొంత దూరం ప్రయాణించిన తర్వాత ఆగిపోతుంది. నున్నటి గోళీ, నున్నటి తలం మరియు తలం యొక్క ఉపరితలంపైన కందెనలు పూయడం ద్వారా ఘర్షణ బలం యొక్క ప్రభావాన్ని తగ్గించవచ్చు.



పటం 8.5: (ఎ) వాలుతలంపై గోళీ యొక్క అథోఃచలనం
(బి) వాలుతలంపై గోళీ యొక్క ఊర్ధ్వచలనం
(సి) రెండువైపులా వాలు గల తలం మీద

బలం మరియు చలనం పైన గెలీలియో ఆలోచనలను న్యూటన్ అధ్యయనం చేసి, వస్తువుల చలనమును వివరించే మూడు ప్రాథమిక నియమాలను ప్రతిపాదించాడు. ఈ మూడు నియమాలు "న్యూటన్ గమన నియమాలు" గా ప్రసిద్ధి చెందాయి.

మొదటి గమన నియమాన్ని ఈ విధంగా చెప్పవచ్చు:

"ఫలిత బలం వస్తు స్థితిని మార్చటానికి ప్రయత్నించనంత వరకూ, నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న వస్తువు నిశ్చల స్థితిలోనూ, ఋజు మార్గంలో సమచలనంలో ఉన్న వస్తువు అదే స్థితిలోనూ ఉంటుంది" మరో విధంగా చెప్పాలంటే, అన్ని వస్తువులు తమ చలన స్థితిలో మార్పును వ్యతిరేకిస్తాయి.గుణాత్మకంగా నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న లేదా సమవేగంతో చలిస్తూ ఉన్న కదిలింపబడని వస్తువులు అదే స్థితిలో ఉండాలని కోరుకునే ధర్మాన్ని "జడత్వం" అంటారు. అందువల్లనే, మొదటి గమననియమాన్ని "జడత్వ నియమం" అని కూడా అంటారు.

మోటారు వాహనాలలో ప్రయాణించేటప్పుడు మనకు ఎదురయ్యే కొన్ని అనుభవాలను జడత్వ నియమం ఆధారంగా వివరించవచ్చు. డ్రైవరు బ్రేకులపై బలాన్ని ఉపయోగించి మోటారు కారును ఆపేంత వరకు మనం మన సీటుతో పోల్చినప్పుడు నిశ్చల స్థితిలో ఉంటాము. బ్రేకులు వేసినప్పుడు కారు నెమ్మదిస్తుంది కానీ జడత్వం వలన మన శరీరం అదే చలనస్థితిని కొనసాగిస్తుంది. అందుకే అకస్మాత్తుగా బ్రేకులు వేసినప్పుడు, మనం ముందున్న వాహన భాగాలను ఢీకొట్టడం ద్వారా మనకు గాయాలవుతాయి. అటువంటి ప్రమాదాలను నివారించడానికి సేఫ్టీబెల్టులను ధరిస్తారు.

Galileo Galilei (1564 – 1642)

Galileo Galilei was born on 15 February 1564 in Pisa, Italy. Galileo, right from his childhood, had interest in mathematics and natural philosophy. But his father Vincenzo Galilei wanted him to become a medical doctor. Accordingly, Galileo enrolled himself for a medical degree at the University of Pisa in 1581 which he never completed because of his real interest in mathematics. In 1586, he wrote his first scientific book *'The Little Balance* [*La Balancitta*]', in which he described Archimedes' method of finding the relative densities (or specific gravities) of substances using a balance. In 1589, in his series of essays – *De Motu*, he presented his theories about falling objects using an inclined plane to slow down the rate of descent.

In 1592, he was appointed professor of mathematics at the University of Padua in the Republic of Venice. Here he continued his observations on the theory of motion and through his study of inclined planes and the pendulum, formulated the correct law for uniformly accelerated objects that the distance the object moves is proportional to the square of the time taken.

Galileo was also a remarkable craftsman. He developed a series of telescopes whose optical performance was much better than that of other telescopes available during those days. Around 1640, he designed the first pendulum clock. In his book *'Starry Messenger'* on his astronomical discoveries, Galileo claimed to have seen mountains on the moon, the milky way made up of tiny stars, and four small bodies orbiting Jupiter. In his books *'Discourse on Floating Bodies'* and *'Letters on the Sunspots'*, he disclosed his observations of sunspots.

Using his own telescopes and through his observations on Saturn and Venus, Galileo argued that all the planets must orbit the Sun and not the earth, contrary to what was believed at that time.

to prevent such accidents. Safety belts exert a force on our body to make the forward motion slower. An opposite experience is encountered when we are standing in a bus and the bus begins to move suddenly. Now we tend to fall backwards. This is because the sudden start of the bus brings motion to the bus as well as to our feet in contact with the floor of the bus. But the rest of our body opposes this motion because of its inertia.

When a motorcar makes a sharp turn at a high speed, we tend to get thrown to one side. This can again be explained on the basis of the law of inertia. We tend to continue in our straight-line motion. When an unbalanced force is applied by the engine to change the direction of motion of the motorcar, we slip to one side of the seat due to the inertia of our body.

The fact that a body will remain at rest unless acted upon by an unbalanced force can be illustrated through the following activities:

Activity ______________ *8.1*

- Make a pile of similar carom coins on a table, as shown in Fig. 8.6.
- Attempt a sharp horizontal hit at the bottom of the pile using another carom coin or the striker. If the hit is strong enough, the bottom coin moves out quickly. Once the lowest coin is removed, the inertia of the other coins makes them 'fall' vertically on the table.

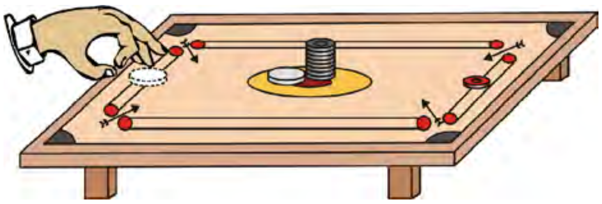


Fig. 8.6: Only the carom coin at the bottom of a pile is removed when a fast moving carom coin (or striker) hits it.

గెలీలియో గెలీలి 1564 వ సంవత్సరం ఫిబ్రవరి 15న ఇటలీ దేశంలోని పీసాలో జన్మించాడు. గెలీలియో, తన చిన్నతనం నుండే గణితం మరియు సహజ తత్వశాస్త్రాల పట్ల ఆసక్తి కలిగి ఉండేవాడు. కానీ ఆయన తండ్రి విన్సెంజో గెలీలి మాత్రం గెలీలియోను డాక్టర్ చేయాలని అనుకున్నాడు. అందువల్ల, 1581లో పీసా యూనివర్సిటీలో మెడికల్ డిగ్రీ కొరకు నమోదు చేసుకున్నాడు. కానీ గణితం అంటే తనకు నిజంగా ఆసక్తి ఉండటం వల్ల మెడికల్ డిగ్రీను ఎప్పటికీ పూర్తి చేయలేక పోయాడు. 1586లో తన మొదటి విజ్ఞానశాస్త్రం పుస్తకం "ద లిటిల్ బ్యాలెన్స్" (లా బాలెనెసిట్టా)లో ఆర్కిమెడిస్ పద్ధతిలో త్రాసును ఉపయోగించి పదార్థాల తారతమ్య సాంద్రతలను విశిష్ట గురుత్వాకర్షణలు కనుగొనే పద్ధతిని వివరించాడు. 1589లో తన వ్యాసాల పరంపర "డిమోటు" లో కిందికి పడే వస్తువులగురించి వాలు తలాన్ని ఉపయోగించి వాటి కింద పడే వేగాన్ని తగ్గించడానికి తన సిద్ధాంతాలు సమర్పించారు.

గెలీలియో గెలీలి
(1564 – 1642)

1592లో వెనిస్ దేశంలోని యూనివర్సిటీ ఆఫ్ పదువాలో గణితశాస్త్ర ప్రొఫెసర్‌గా నియమింపబడ్డాడు. ఆయన ఇక్కడ చలన సిద్ధాంతం, వాలు తలాలపై చలనం, లోలకములపై తన పరిశీలనలను కొనసాగించాడు. సమత్వరణంలో ఉన్న వస్తువులకు, వస్తువు కదిలిన దూరం అనేది వస్తువు ప్రయాణించిన సమయం యొక్క వర్గమునకు అనులోమాను ప్రాతంలో ఉంటుందని సరైన నియమాన్ని కనుగొన్నాడు.

గెలీలియో చాలా నైపుణ్యం గల హస్తకళానిపుణుడు. ఆయన వరసగా అనేక టెలిస్కోపులను రూపొందించగా వాటి పనితనం ఆ కాలంలో ఉన్న మిగతా టెలిస్కోప్‌ల కంటే చాలా సమర్థవంతంగా ఉండేవి. 1640 ప్రాంతంలో, ఈయన తొలి లోలక గడియారాన్ని రూపొందించాడు. తన ఖగోళ ఆవిష్కరణలకు సంబంధించిన "స్టార్రీ మెసెంజర్" అనే గ్రంథంలో చంద్రునిలోని పర్వతాలను, పాలపుంతలో గల చిన్న నక్షత్రాలను, గురు గ్రహం చుట్టూ తిరుగుతున్న నాలుగు చిన్న ఖగోళ వస్తువులను తాను చూసినట్లు తెలియజేశాడు. "డిస్‌కోర్స్ ఆన్ ఫ్లోటింగ్ బాడీస్" మరియు 'లెటర్స్ ఆన్ ది సన్‌స్పాట్స్" అనే తన గ్రంథాలలో సూర్యునిలో గల మచ్చలకు సంబంధించి తన పరిశీలనలను తెలిపాడు. తన సొంత టెలిస్కోపులను ఉపయోగించి శుక్ర, శని గ్రహాలను పరిశీలించి ఆనాటి మత విశ్వాసాలకు వ్యతిరేకంగా గ్రహాలన్నీ భూమి చుట్టూ కాక సూర్యుని చుట్టూ తిరుగుతాయని వాదించాడు.

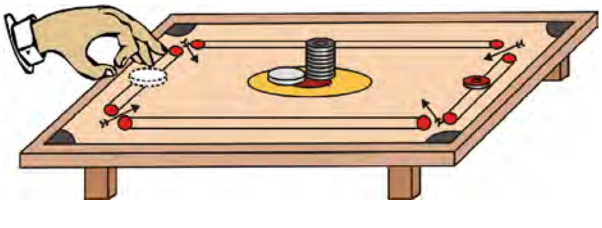
మన శరీరం పైన సేఫ్టీ బెల్టులు బలాన్ని ప్రయోగించి శరీరం ముందుకు కదలడాన్ని తగ్గిస్తాయి. మనం ఎప్పుడైనా బస్సులో నిలబడి ఉన్నప్పుడు బస్సు అకస్మాత్తుగా కదిలితే దీనికి వ్యతిరేకమైన అనుభవం కలుగుతుంది. ఇప్పుడు మనం వెనుకకు పడతాము. ఎందుకంటే బస్సు అకస్మాత్తుగా ప్రారంభం అయినప్పుడు బస్సు చలనంలోకి వస్తుంది.అంతేకాక బస్సు అడుగు భాగంతో స్పర్శలో ఉన్న మన కాళ్లు కూడా చలనంలోకి వస్తాయి. కానీ మన మిగతా శరీరం జడత్వం వల్ల చలనాన్ని వ్యతిరేకిస్తుంది.

ఒక మోటారు కారు అధిక వేగంతో మలుపు తీసుకున్నప్పుడు మనం ఒక వైపునకు తోసి వేయబడతాము.దీనిని కూడా జడత్వ నియమం ఆధారంగా వివరించవచ్చు. మనం మన సరళరేఖ చలనంలోనే ఉండాలని అనుకుంటాము.చలన దిశను మార్చడానికి మోటార్ వాహనం ఇంజన్ చేత అసమతుల్య బలం ప్రయోగించ బడినప్పుడు మన శరీరం యొక్క జడత్వం వల్ల సీటు యొక్క ఒక చివరి వైపుకు జారిపోతాము.

ఒక అసమతుల్యబలం ప్రయోగింపబడే వరకు ఒక వస్తువు నిశ్చల స్థితిలోనే ఉంటుంది అనే విషయాన్ని క్రింది కృత్యాల ద్వారా వివరించవచ్చు.

కృత్యం ------------------------- 8.1

- క్యారం బోర్డుపై కాయిన్లను ఒకే నిలువు వరుసలో పటం 8.6 లో చూపిన విధంగా అమర్చండి.
- మరొక క్యారం కాయిన్ లేదా స్ట్రైకర్‌ను ఉపయోగించి కాయిన్ల నిలువు వరుస అడుగు భాగాన్ని గట్టిగా కొట్టండి. తగినంత బలంతో కొడితే, క్రింద ఉన్న కాయిన్ మాత్రమే కదులుతుంది. క్రింది కాయిన్ తొలగించబడగానే మిగిలిన కాయిన్‌ల జడత్వం వాటిని అలాగే నిలువుగా నిలబడేటట్లుగా చేస్తుంది.



పటం 8.6: *(స్ట్రయికర్‌తో) వేగంగా కదిలే క్యారమ్ కాయిన్‌తో కొట్టినప్పుడు కాయిన్‌ల వరుసలో క్రింది కాయిన్ మాత్రం తొలగించబడుట*

Activity _______________ 8.2

- Set a five-rupee coin on a stiff card covering an empty glass tumbler standing on a table as shown in Fig. 8.7.
- Give the card a sharp horizontal flick with a finger. If we do it fast then the card shoots away, allowing the coin to fall vertically into the glass tumbler due to its inertia.
- The inertia of the coin tries to maintain its state of rest even when the card flows off.

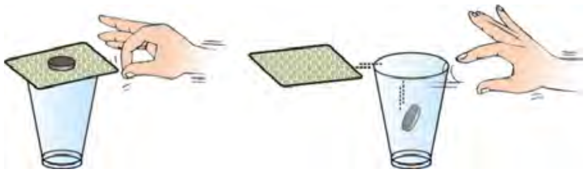


Fig. 8.7: When the card is flicked with the finger the coin placed over it falls in the tumbler.

Activity _______________ 8.3

- Place a water-filled tumbler on a tray.
- Hold the tray and turn around as fast as you can.
- We observe that the water spills. Why?

Observe that a groove is provided in a saucer for placing the tea cup. It prevents the cup from toppling over in case of sudden jerks.

8.3 Inertia and Mass

All the examples and activities given so far illustrate that there is a resistance offered by an object to change its state of motion. If it is at rest it tends to remain at rest; if it is moving it tends to keep moving. This property of an object is called its inertia. Do all bodies have the same inertia? We know that it is easier to push an empty box than a box full of books. Similarly, if we kick a football it flies away. But if we kick a stone of the same size with equal force, it hardly moves. We may, in fact, get an injury in our foot while doing so! Similarly, in activity 8.2, instead of a five-rupees coin if we use a one-rupee coin, we find that a lesser force is required to perform the activity. A force that is just enough to cause a small cart to pick up a large velocity will produce a negligible change in the motion of a train. This is because, in comparison to the cart the train has a much lesser tendency to change its state of motion. Accordingly, we say that the train has more inertia than the cart. Clearly, heavier or more massive objects offer larger inertia. Quantitatively, the inertia of an object is measured by its mass. We may thus relate inertia and mass as follows:

Inertia is the natural tendency of an object to resist a change in its state of motion or of rest. The mass of an object is a measure of its inertia.

Questions

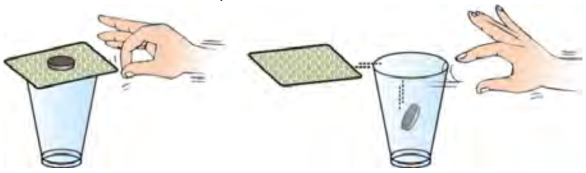
1. *Which of the following has more inertia: (a) a rubber ball and a stone of the same size? (b) a bicycle and a train? (c) a five-rupees coin and a one-rupee coin?*
2. *In the following example, try to identify the number of times the velocity of the ball changes:*
   "A football player kicks a football to another player of his team who kicks the football towards the goal. The goalkeeper of the opposite team collects the football and kicks it towards a player of his own team".
   Also identify the agent supplying the force in each case.
3. *Explain why some of the leaves may get detached from a tree if we vigorously shake its branch.*
4. *Why do you fall in the forward direction when a moving bus brakes to a stop and fall backwards when it accelerates from rest?*

8.4 Second Law of Motion

The first law of motion indicates that when an unbalanced external force acts on an object,

కృత్యం -------------------------- 8.2

- పటం 8.7లో చూపినట్లుగా ఒక ఖాళీ గాజు గ్లాసును ఒక గట్టి అట్టముక్కతో మూసి దానిపైన ఐదు రూపాయల నాణేన్ని ఉంచండి.
- వేలితో అట్ట ముక్కను క్షితిజ సమాంతరంగా నెట్టండి. మనం తగినంత వేగంతో నెడితే, అట్టముక్క పక్కకు వెళ్లిపోయి, నాణెం తనకు గల జడత్వం వల్ల నిట్ట నిలువుగా గాజు గ్లాసులోకి పడిపోతుంది.
- అట్టముక్క తీసివేయబడినప్పటికీ నాణెం జడత్వం వల్లతననిశ్చలస్థితిని కొనసాగించాలని ప్రయత్నిస్తుంది.



పటం 8.7: అట్టముక్కను వేలుతో కొట్టినపుడు దానిపై ఉన్న నాణెం గాజుగ్లాసులో పడుట

కృత్యం -------------------------- 8.3

- నీటితో నింపిన ఒక గాజు పాత్రను ట్రేలో ఉంచండి.
- ట్రేను పట్టుకొని మీకు వీలైనంత వేగంగా గుండ్రంగా తిరగండి.
- మనం నీరు ఒలికి పోవడం గమనిస్తాము. ఎందుకు?

టీ కప్పును ఉంచే సాసర్ (పళ్ళెం) నందు ఒక గాడి (లోతైన అంచు) ఉండటం పరిశీలించవచ్చు. ఇది అకస్మాత్తుగా జరిగే కదలికల నుండి కప్పు జారిపోకుండా నివారిస్తుంది.

8.3 జడత్వం మరియు ద్రవ్యరాశి

ఇప్పటివరకు ఇవ్వబడిన అన్ని ఉదాహరణలు మరియు కృత్యాలు, ఒక వస్తువు యొక్క చలనస్థితిలో మార్పును అదే వస్తువు వ్యతిరేకిస్తుంది అని వివరిస్తాయి. ఒక వస్తువు నిశ్చల స్థితిలో ఉంటే నిశ్చల స్థితిలోనే ఉండాలని ప్రయత్నిస్తుంది. ఒకవేళ కదులుతూ ఉంటే కదులుతూనే ఉండాలని ప్రయత్నిస్తుంది. వస్తువు యొక్క ఈ ధర్మాన్నే దాని జడత్వం అంటారు. అన్ని వస్తువులు ఒకే జడత్వాన్ని కలిగి ఉంటాయా? పుస్తకాలతో నింపిన పెట్టెను తోయడం కంటే, ఖాళీ పెట్టెను తోయడం సులభం అని మనకు తెలుసు. అదేవిధంగా, ఒక ఫుట్‌బాల్‌ను తన్నితే అది ఎగిరిపోతుంది. కానీ ఫుట్‌బాల్ పరిమాణం గల రాయిని అంతే బలంతో తన్నితే అది కదలదు. అంతేకాకుండా ఈ పని చేసే సందర్భంలో మన కాలికి గాయం కూడా అయ్యే అవకాశం ఉంది! అదేవిధంగా కృత్యం 8.2లో, ఐదు రూపాయల నాణెం బదులుగా ఒక రూపాయి నాణెం ఉపయోగిస్తే ఈ కృత్యం నిర్వహించడానికి ఇంకా తక్కువ బలం సరిపోతుంది అని గమనించవచ్చు. ఒక చిన్న బండి యొక్క వేగంలో ఎక్కువ మార్పు తీసుకొని రాగలిగేంత బలమును ఒక రైలుపై ప్రయోగించినప్పుడు, ఆ రైలులో మనం గుర్తించలేనంత చిన్న మార్పులు మాత్రమే అది కలుగజేయును. ఇది ఎందుకంటే, బండితో పోల్చినప్పుడు రైలు తన చలన స్థితిని మార్చుకోవడానికి చాలా తక్కువ మొగ్గు చూపుతుంది. అందువల్ల బండి కంటే రైలు ఎక్కువ జడత్వం కలిగి ఉంది అని చెబుతాము. బరువైన లేదా ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి గల వస్తువులు ఎక్కువ జడత్వాన్ని స్పష్టంగా చూపుతాయి. పరిమాణాత్మకంగా ఒక వస్తువు యొక్క జడత్వాన్ని దాని ద్రవ్యరాశిచే కొలుస్తాము. మనము జడత్వము మరియు ద్రవ్యరాశి సంబంధాన్ని ఈ విధంగా చెప్పవచ్చు. ఒక వస్తువు తన చలన స్థితిలో గాని లేదా నిశ్చల స్థితిలో గాని మార్పును వ్యతిరేకించే సహజ లక్షణాన్ని జడత్వము అంటారు. ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశినే జడత్వానికి కొలతగా చెప్పవచ్చు.

ప్రశ్నలు

1. *క్రింది వానిలో దేనికి ఎక్కువ జడత్వం ఉంటుంది? (ఎ) ఒకే పరిమాణం గల రబ్బరు బంతి, రాయి? (బి) ఒక సైకిల్ మరియు ఒక రైలు? (సి) ఒక ఐదు రూపాయల నాణెం, ఒక రూపాయి నాణెం?*
2. *క్రింది ఉదాహరణలో ఎన్నిసార్లు బంతి వేగం మారుతుందో గుర్తించే ప్రయత్నం చేయండి. " ఒక ఫుట్‌బాల్ ఆటగాడు తన టీమ్‌కు చెందిన ఆటగానికి ఎవరైతే ఫుట్‌బాల్‌ను గోల్‌వైపుకు తన్నారో అతనికి ఫుడ్‌బాల్ తన్ని అందిస్తాడు. ప్రత్యర్థి టీమ్‌కు చెందిన గోల్ కీపర్ ఆ బాల్ తీసుకున్నాడు మరియు తన టీమ్‌కు చెందిన ఆటగాని వైపుకు దానిని తన్నాడు". ప్రతి సందర్భంలో బలాన్ని అందిస్తున్న కారకాన్ని కూడా గుర్తించండి.*
3. *మనం చెట్టు కొమ్మలను బలంగా కదిలించినప్పుడు చెట్టు కొమ్మల నుండి కొన్ని ఆకులు రాలిపోతాయి ఎందుకు. వివరించండి?.*
4. *ఒక కదులుతున్న బస్సును బ్రేకులు వేసి ఆపినప్పుడు మనం ముందుకు పడతాం మరియు నిశ్చల స్థితిలో నుండి బస్సు బయలుదేరి త్వరణాన్ని పొందినప్పుడు వెనుకకు పడతాం. ఎందుకు?.*

8.4 రెండవ గమన నియమం

ఒక అసమతుల్యబలం ఒక వస్తువుపై పనిచేసినప్పుడు దాని వేగం మారుతుంది. అంటే వస్తువు త్వరణం పొందుతుంది అని మొదటి

its velocity changes, that is, the object gets an acceleration. We would now like to study how the acceleration of an object depends on the force applied to it and how we measure a force. Let us recount some observations from our everyday life. During the game of table tennis if the ball hits a player it does not hurt him. On the other hand, when a fast moving cricket ball hits a spectator, it may hurt him. A truck at rest does not require any attention when parked along a roadside. But a moving truck, even at speeds as low as 5 m s^{-1}, may kill a person standing in its path. A small mass, such as a bullet may kill a person when fired from a gun. These observations suggest that the impact produced by the objects depends on their mass and velocity. Similarly, if an object is to be accelerated, we know that a greater force is required to give a greater velocity. In other words, there appears to exist some quantity of importance that combines the object's mass and its velocity. One such property called momentum was introduced by Newton. The momentum, p of an object is defined as the product of its mass, m and velocity, v. That is,

$$p = mv \qquad (8.1)$$

Momentum has both direction and magnitude. Its direction is the same as that of velocity, v. The SI unit of momentum is kilogram-metre per second (kg m s^{-1}). Since the application of an unbalanced force brings a change in the velocity of the object, it is therefore clear that a force also produces a change of momentum.

Let us consider a situation in which a car with a dead battery is to be pushed along a straight road to give it a speed of 1 m s^{-1}, which is sufficient to start its engine. If one or two persons give a sudden push (unbalanced force) to it, it hardly starts. But a continuous push over some time results in a gradual acceleration of the car to this speed. It means that the change of momentum of the car is not only determined by the magnitude of the force but also by the time during which the force is exerted. It may then also be concluded that the force necessary to change the momentum of an object depends on the time rate at which the momentum is changed.

The second law of motion states that the rate of change of momentum of an object is proportional to the applied unbalanced force in the direction of force.

8.4.1 Mathematical formulation of second law of motion

Suppose an object of mass, m is moving along a straight line with an initial velocity, u. It is uniformly accelerated to velocity, v in time, t by the application of a constant force, F throughout the time, t. The initial and final momentum of the object will be, $p_1 = mu$ and $p_2 = mv$ respectively.

The change in momentum $\propto p_2 - p_1$

$$\propto mv - mu$$

$$\propto m \times (v - u).$$

The rate of change of momentum $\propto \dfrac{m \times (v-u)}{t}$

Or, the applied force,

$$F \propto \frac{m \times (v-u)}{t}$$

$$F = \frac{km \times (v-u)}{t} \qquad (8.2)$$

$$= kma \qquad (8.3)$$

Here a [= $(v - u)/t$] is the acceleration, which is the rate of change of velocity. The quantity, k is a constant of proportionality. The SI units of mass and acceleration are kg and m s^{-2} respectively. The unit of force is so chosen that the value of the constant, k becomes one. For this, one unit of force is defined as the amount that produces an acceleration of 1 ms^{-2} in an object of 1 kg mass. That is,

1 unit of force = $k \times$ (1 kg) $\times$ (1 m s^{-2}).

Thus, the value of k becomes 1. From Eq. (8.3)

$$F = ma \qquad (8.4)$$

The unit of force is kg m s^{-2} or newton, which has the symbol N. The second law of motion gives us a method to measure the force

గమన నియమం తెలియజేస్తుంది. ఒక వస్తువు యొక్క త్వరణం ప్రయోగించబడిన బలం మీద ఎలా ఆధారపడుతుంది మరియు మనం బలాన్ని ఎలా కొలుస్తాము అన్న విషయాలు తెలుసుకుందాం. మన నిత్యజీవితం నుండి కొన్ని పరిశీలనలను గుర్తు చేసుకుందాం. టేబుల్ టెన్నిస్ ఆటలో ఆటగాడికి బంతి తగిలినప్పటికీ అతనికి గాయం కాదు. కానీ వేగంగా కదులుతున్న క్రికెట్ బంతి ప్రేక్షకుడికి తగిలితే అది అతనిని గాయపరిచే అవకాశం ఉంది. రోడ్డు పక్కన ఆగి ఉన్న ట్రక్కును పట్టించుకోవలసిన అవసరం లేదు. కానీ 5 మీ.సె.$^{-1}$ వంటి తక్కువ వేగంతో కదులుతున్న ట్రక్కు తన మార్గంలో నిలిచి ఉన్న మనిషిని చంపగలదు. తుపాకీతో కాల్చినప్పుడు బుల్లెట్ వంటి స్వల్ప ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు కూడా మనిషిని చంపగలదు. వస్తువులు కలుగజేసే ప్రభావం వాటి ద్రవ్యరాశి మరియు వేగం మీద ఆధారపడి ఉంటుందని ఈ పరిశీలనలు తెలియజేస్తున్నాయి. అదే విధంగా ఒక వస్తువుకు త్వరణం కలిగించాలన్నా, అధిక వేగం కలిగించాలన్నా అధిక బలం కావాలని మనకు తెలుసు. మరో విధంగా చెప్పాలంటే, వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి మరియు వేగములను కలిపే ముఖ్యమైన ఒక భౌతిక రాశి ఉన్నట్లుగా అనిపిస్తుంది. అటువంటి ద్రవ్య వేగం అనే ఒక ధర్మాన్ని న్యూటన్ ప్రతిపాదించాడు. ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి (m) మరియు వేగం (v)ల లబ్ధాన్ని ద్రవ్యవేగం (P) అంటారు. అనగా

$$p = mv \tag{8.1}$$

ద్రవ్య వేగానికి దిశ మరియు పరిమాణం రెండూ ఉంటాయి. వేగం దిశలోనే ద్రవ్యవేగం దిశ కూడా ఉంటుంది. ద్రవ్యవేగం యొక్క S.I. ప్రమాణం కి.గ్రా.మీ.సె.$^{-1}$ ఒక వస్తువుపై ప్రయోగింపబడిన అసమతుల్య బలం దాని వేగంలో మార్పు తెస్తుంది. కాబట్టి బలం దాని ద్రవ్యవేగం కూడా మార్పును తెస్తుందని చెప్పవచ్చు.

పనిచేయని బ్యాటరీ గల కారును సరళరేఖా మార్గం వెంబడి 1 మీ.సె.$^{-1}$ వేగంతో కదలడానికి దానిని నెట్టవలసిన సందర్భాన్ని పరిశీలిద్దాం. అప్పుడు ఇంజన్ పనిచేయడం మొదలవుతుంది. ఒకరు లేదా ఇద్దరు మనుషులు ఒక్కసారిగా దానిని నెడితే (అసమతుల్య బలం) అది స్టార్ట్ కాదు. కానీ కొంత కాలం పాటు కారును నిరంతరంగా నెడితే క్రమంగా త్వరణం పొంది కారు వడి పుంజుకుంటుంది. అంటే కారు యొక్క ద్రవ్యవేగంలో మార్పు బలం పరిమాణం మీదే కాకుండా బలం పనిచేసిన సమయం మీద కూడా ఆధారపడి ఉంటుంది. ఒక వస్తువు ద్రవ్యవేగాన్ని మార్చడానికి అవసరమైన బలం ద్రవ్యవేగం మార్పు జరిగే రేటు మీద ఆధారపడి ఉంటుందని చెప్పవచ్చు.

ఒక వస్తువు ద్రవ్యవేగంలో మార్పు రేటు ఆ వస్తువుపై పని చేసే అసమతుల్య బలానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది మరియు బల దిశలోనే ఉంటుంది అని రెండవ గమన నియమం తెలుపుతుంది.

8.4.1 రెండవ గమననియమం – గణిత సూత్రీకరణ

సరళరేఖా మార్గం వెంబడి ప్రయాణిస్తున్న ఒక వస్తువు ద్రవ్యరాశి m, తొలివేగం u అనుకొనుము.ఒక స్థిర బలం F ను t కాలం పాటు ప్రయోగించడం వల్ల వస్తువు సమత్వరణంతో v వేగంను పొందినది. వస్తువు యొక్క తొలి ద్రవ్యవేగం $p_1 = mu$ మరియు వస్తువు యొక్క తుది ద్రవ్యవేగం $p_2 = mv$.

ద్రవ్యవేగంలో మార్పు $\propto p_2 - p_1$

$\propto mv - mu$

$\propto m \times (v - u)$.

ద్రవ్య వేగం లో మార్పు రేటు $\propto \dfrac{m \times (v-u)}{t}$

లేదా ప్రయోగించిన బలం

$$F \propto \frac{m \times (v-u)}{t}$$

$$F = \frac{km \times (v-u)}{t} \tag{8.2}$$

$$= kma \tag{8.3}$$

ఇక్కడ $a\,[= (v-u)/t\,]$ త్వరణం, వేగంలో మార్పు రేటు k అనేది ఒక అనుపాత స్థిరాంకం ద్రవ్యరాశి మరియు త్వరణంల S.I. ప్రమాణాలు వరుసగా కి.గ్రా. మరియు మీ.సె.$^{-2}$ స్థిరాంకం k విలువ ఒకటి అయ్యేటట్లుగా బలం ప్రమాణాన్ని ఎన్నుకుంటాము. ఇందుకోసం ఒక కిలోగ్రామ్ ద్రవ్యరాశి గల వస్తువులో 1 మీ.సె.$^{-2}$ త్వరణం కలిగించే దానిని ఒక బల ప్రమాణం అంటారు.

1 బల ప్రమాణం $= k \times$ (1 కి.గ్రా.) $\times$ (1 మీ.సె.$^{-2}$)

ఈ విధంగా 8.3 సమీకరణంలో k విలువ ఒకటి అవుతుంది.

$$F = ma \tag{8.4}$$

బలం యొక్క ప్రమాణం కి.గ్రా. మీ.సె.$^{-2}$ లేదా న్యూటన్. న్యూటన్ సంకేతం N. ఒక వస్తువుపై పనిచేసే బలాన్ని కొలవడానికి

acting on an object as a product of its mass and acceleration.

The second law of motion is often seen in action in our everyday life. Have you noticed that while catching a fast moving cricket ball, a fielder in the ground gradually pulls his hands backwards with the moving ball? In doing so, the fielder increases the time during which the high velocity of the moving ball decreases to zero. Thus, the acceleration of the ball is decreased and therefore the impact of catching the fast moving ball (Fig. 8.8) is also reduced. If the ball is stopped suddenly then its high velocity decreases to zero in a very short interval of time. Thus, the rate of change of momentum of the ball will be large. Therefore, a large force would have to be applied for holding the catch that may hurt the palm of the fielder. In a high jump athletic event, the athletes are made to fall either on a cushioned bed or on a sand bed. This is to increase the time of the athlete's fall to stop after making the jump. This decreases the rate of change of momentum and hence the force. Try to ponder how a karate player breaks a slab of ice with a single blow.

Fig. 8.8: A fielder pulls his hands gradually with the moving ball while holding a catch.

The first law of motion can be mathematically stated from the mathematical expression for the second law of motion. Eq. (8.4) is

$$F = ma$$

$$\text{or} \quad F = \frac{m(v-u)}{t} \qquad (8.5)$$

$$\text{or} \quad Ft = mv - mu$$

That is, when $F = 0$, $v = u$ for whatever time, t is taken. This means that the object will continue moving with uniform velocity, u throughout the time, t. If u is zero then v will also be zero. That is, the object will remain at rest.

Example 8.1 A constant force acts on an object of mass 5 kg for a duration of 2 s. It increases the object's velocity from 3 m s^{-1} to 7 m s^{-1}. Find the magnitude of the applied force. Now, if the force was applied for a duration of 5 s, what would be the final velocity of the object?

Solution:

We have been given that $u = 3$ m s^{-1} and $v = 7$ m s^{-1}, $t = 2$ s and $m = 5$ kg. From Eq. (8.5) we have,

$$F = \frac{m(v-u)}{t}$$

Substitution of values in this relation gives

F = 5 kg (7 m s^{-1} – 3 m s^{-1})/2 s = 10 N.

Now, if this force is applied for a duration of 5 s (t = 5 s), then the final velocity can be calculated by rewriting Eq. (8.5) as

$$v = u + \frac{Ft}{m}$$

On substituting the values of u, F, m and t, we get the final velocity,

v = 13 m s^{-1}.

Example 8.2 Which would require a greater force — accelerating a 2 kg mass at 5 m s^{-2} or a 4 kg mass at 2 m s^{-2}?

దాని యొక్క ద్రవ్యరాశి మరియు త్వరణంల లబ్దంగా తెలిపే పద్ధతిని రెండవ గమన నియమం తెలియజేస్తుంది.

మన రోజువారి జీవితంలో చేసే పనులలో తరచుగా రెండవ గమన నియమాన్ని గమనించవచ్చు. వేగంగా కదులుతున్న క్రికెట్ బంతిని పట్టుకునేటప్పుడు ఫీల్డర్ తన చేతులను మెల్లగా బంతితో పాటు వెనుకకు లాగడాన్ని మీరు గమనించారా?. అలా చేయడం ద్వారా ఆ ఫీల్డర్ సమయం పెంచి అధిక వేగంతో కదులుతున్న బంతివేగాన్ని సున్నకు తగ్గిస్తాడు. ఈ విధంగా బంతి త్వరణం తగ్గుతుంది మరియు వేగంగా కదులుతున్న బంతిని పట్టుకున్నప్పుడు కలిగే ప్రభావం కూడా తగ్గించబడుతుంది. (పటం 8.8) ఒకవేళ బంతిని అకస్మాత్తుగా ఆపినట్లైతే అప్పుడు దాని అధిక వేగం అతి తక్కువ సమయంలో సున్నకు తగ్గించబడుతుంది. ఈ విధంగా బంతి యొక్క ద్రవ్యవేగంలో మార్పు రేటు ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి బంతిని పట్టుకోవడానికి అధిక బలాన్ని ప్రయోగించవలసి ఉంటుంది. దీనివల్ల ఫీల్డర్ అరచేతికి గాయం అయ్యే అవకాశం ఉంది. హై జంప్ ఆటలో ఆటగాళ్లు మెత్తటి పరుపు మీద లేదా ఇసుక కుప్పమీద పడే విధంగా ఏర్పాటు చేస్తారు. ఇది ఆటగాడు పడే సమయాన్ని పెంచి దూకిన తర్వాత గాయం కాకుండా ఆపుతుంది. ఇది ద్రవ్యవేగంలో మార్పు రేటును మరియు దాని ద్వారా బలాన్ని తగ్గిస్తుంది. కరాటే ఆటగాడు ఒక్క దెబ్బతో ఐస్ దిమ్మెను ఏ విధంగా పగులగొట్టగలడో ఆలోచించే ప్రయత్నం చేద్దాం.

పటం 8.8: *కదిలే బంతిని పట్టుకునే ఫీల్డర్ తన చేతులను బంతితో పాటుగా క్రమంగా లాగుట*

న్యూటన్ మొదటి గమన నియమం యొక్క గణిత రూపాన్ని రెండవ గమన నియమం యొక్క గణిత సమీకరణం ద్వారా ఇలా చెప్పవచ్చు. 8.4 సమీకరణం నుండి

$$F = ma$$

$$\text{or} \quad F = \frac{m(v-u)}{t} \qquad (8.5)$$

$$\text{or} \quad Ft = mv - mu$$

అనగా $F = 0$ అయినప్పుడు t విలువ ఎంత అయినప్పటికీ $v = u$ అవుతుంది. అంటే వస్తువు మొత్తం కాలం t తో సమవేగం u తో కదులుతూనే ఉంటుంది. ఒకవేళ u సున్న అయితే v కూడా సున్నా అవుతుంది. అంటే వస్తువు నిశ్చల స్థితిలోనే ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 8.1 5 కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువుపై 2 సెకండ్ల సమయం పాటు ఒక స్థిరమైన బలం పనిచేస్తుంది. ఇది వస్తువు వేగాన్ని 3 మీ/సె నుండి 7 మీ/సె వరకు పెంచింది. ప్రయోగించిన బల పరిమాణాన్ని కనుక్కోండి. ఇప్పుడు 5 సెకండ్ల సమయం పాటు ఆ బలం ప్రయోగిస్తే ఆ వస్తువు యొక్క తుదివేగం ఎంత ఉంటుంది?

సాధన :

u = 3 మీ/సె మరియు v = 7 మీ/సె, t = 2 సె. m = 5కి.గ్రా. అని ఇవ్వబడింది.

(8.5) సమీకరణం నుండి విలువలను

$$F = \frac{m(v-u)}{t}$$

విలువలను ఈ సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించగా

F = 5 కి.గ్రా. (7 మీ.సె$^{-1}$ – 3 మీ.సె$^{-1}$)/2 సె = 10 N.

ఇప్పుడు ఈ బలం ఐదు సెకండ్ల పాటు పనిచేసింది. (t = 5సె.) ఇప్పుడు 8.5 సమీకరణాన్ని మార్చి రాయడం ద్వారా తుదివేగాన్ని లెక్కించవచ్చు.

$$v = u + \frac{Ft}{m}$$

u, F, m, t విలువలను ప్రతిక్షేపిస్తే, తుది వేగం v = 13 మీ.సె$^{-1}$

ఉదాహరణ 8.2 2 కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశికి 5మీ.సె$^{-2}$ త్వరణం కలిగించడం లేదా 4 కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశికి 2 మీ.సె$^{-2}$ త్వరణం కలిగించడంలో దేనికి అధిక బలం అవసరం?

Solution:

From Eq. (8.4), we have $F = ma$.
Here we have $m_1 = 2$ kg; $a_1 = 5$ m s^{-2} and $m_2 = 4$ kg; $a_2 = 2$ m s^{-2}.
Thus, $F_1 = m_1a_1 = 2$ kg × 5 m s^{-2} = 10 N; and $F_2 = m_2a_2 = 4$ kg × 2 m s^{-2} = 8 N.
$\Rightarrow F_1 > F_2$.
Thus, accelerating a 2 kg mass at 5 m s^{-2} would require a greater force.

Example 8.3 A motorcar is moving with a velocity of 108 km/h and it takes 4 s to stop after the brakes are applied. Calculate the force exerted by the brakes on the motorcar if its mass along with the passengers is 1000 kg.

Solution:

The initial velocity of the motorcar
u = 108 km/h
= 108 × 1000 m/(60 × 60 s)
= 30 m s^{-1}
and the final velocity of the motorcar v = 0 m s^{-1}.
The total mass of the motorcar along with its passengers = 1000 kg and the time taken to stop the motorcar, t = 4 s.
From Eq. (8.5) we have the magnitude of the force (F) applied by the brakes as $m(v – u)/t$.
On substituting the values, we get
F = 1000 kg × (0 – 30) m s^{-1}/4 s
= – 7500 kg m s^{-2} or – 7500 N.
The negative sign tells us that the force exerted by the brakes is opposite to the direction of motion of the motorcar.

Example 8.4 A force of 5 N gives a mass m_1, an acceleration of 10 m s^{-2} and a mass m_2, an acceleration of 20 m s^{-2}. What acceleration would it give if both the masses were tied together?

Solution:

From Eq. (8.4) we have $m_1 = F/a_1$; and $m_2 = F/a_2$. Here, a_1 = 10 m s^{-2}; a_2 = 20 m s^{-2} and F = 5 N.
Thus, m_1 = 5 N/10 m s^{-2} = 0.50 kg; and m_2 = 5 N/20 m s^{-2} = 0.25 kg.
If the two masses were tied together, the total mass, m would be
m = 0.50 kg + 0.25 kg = 0.75 kg.
The acceleration, a produced in the combined mass by the 5 N force would be, $a = F/m$ = 5 N/0.75 kg = 6.67 m s^{-2}.

Example 8.5 The velocity-time graph of a ball of mass 20 g moving along a straight line on a long table is given in Fig. 8.9.

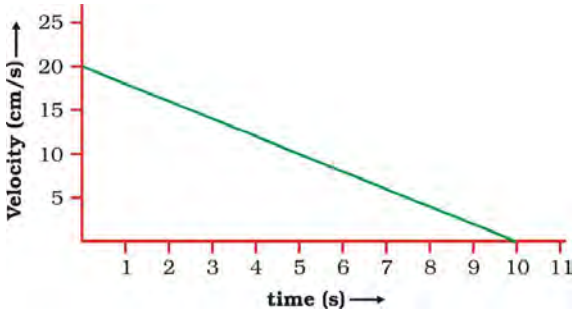


Fig. 8.9

How much force does the table exert on the ball to bring it to rest?

Solution:

The initial velocity of the ball is 20 cm s^{-1}. Due to the frictional force exerted by the table, the velocity of the ball decreases down to zero in 10 s. Thus, u = 20 cm s^{-1}; v = 0 cm s^{-1} and t = 10 s. Since the velocity-time graph is a straight line, it is clear that the ball moves with a constant acceleration. The acceleration a is

$$a = \frac{v - u}{t}$$

= (0 cm s^{-1} – 20 cm s^{-1})/10 s
= –2 cm s^{-2} = –0.02 m s^{-2}.

సాధనసమీకరణం

8.4 సమీకరణం నుండి $F=ma$ ఇవ్వబడినది.

ఇక్కడ m_1 = 2 కి.గ్రా. ; a_1 = 5 మీ.సె$^{-2}$ మరియు

m_2 = 4 కి.గ్రా. ; a_2 = 2 మీ.సె$^{-2}$.

$F_1 = m_1a_1$ = 2 కి.గ్రా. × 5 మీ.సె$^{-2}$ = 10 N;

$F_2 = m_2a_2$ = 4 కి.గ్రా. × 2 మీ.సె$^{-2}$ = 8 N.

$\Rightarrow F_1 > F_2$.

కాబట్టి రెండు కిలోగ్రామ్ ద్రవ్యరాశికి 5మీ.సె$^{-2}$ త్వరణం కలిగించడానికి ఎక్కువ బలం అవసరం.

ఉదాహరణ 8.3

108 కి.మీ/గంట వేగంతో కదులుతున్న మోటార్ కారు బ్రేకులు వేసిన 4 సెకండ్ల తర్వాత ఆగింది. ప్రయాణికులతో సహా మోటారు కారు ద్రవ్యరాశి 1000 కిలో గ్రాములు అయినచో బ్రేకులు మోటారు కారుపై ప్రయోగించిన బలాన్ని లెక్కించండి?

సాధన:

మోటారు కారు తొలి వేగం

u = 108 కి.మీ./గం.

= 108 × 1000 మీ. / (60 × 60 సె.)

= 30 మీ.సె$^{-1}$

మరియు మోటార్ కారు తుది వేగం V =0 మీ.సె$^{-1}$

ప్రయాణికులతో సహా మోటర్ కారు ద్రవ్యరాశి =1000 కి.గ్రా.

మరియు మోటారు కారు ఆపడానికి పట్టిన సమయం t = 4 సె. సమీకరణం 8.5 నుండి బ్రేకుల ద్వారా ప్రయోగించబడిన బలపరిమాణం $F = m\,(v - u)/t$.

విలువలు ప్రతిక్షేపించగా,

F = 1000 కి.గ్రా. (0-30మీ/సె)/4సె

= -7500 కి.గ్రా. మీ.సె$^{-2}$ లేదా -7500 N

బ్రేకుల ద్వారా ప్రయోగించబడిన బలం మోటారు కారు యొక్క చలనదిశకు వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుందని ఋణ గుర్తు తెలియజేస్తుంది.

ఉదాహరణ 8.4

5N బలం ప్రయోగించినప్పుడు m_1 ద్రవ్యరాశిలో 10మీ.సె$^{-2}$ త్వరణం మరియు m_2 ద్రవ్యరాశిలో 20 మీ.సె$^{-2}$ త్వరణం కలిగించబడినది. రెండు ద్రవ్యరాశులను కలిపి కట్టినచో ఎంత త్వరణం కలుగుతుంది?

సమీకరణం

8.4 నుండి, $m_1 = F/a_1$ మరియు $m_2 = F/a_2$ ఇక్కడ a_1 = 10 మీ.సె$^{-2}$; a_2 = 20 మీ.సె$^{-2}$ మరియు F = 5 N.

ఈ విధంగా m_1 = 5 N/10 మీ.సె$^{-2}$ = 0.50 కి.గ్రా. ;

m_2 = 5 N/20 మీ.సె$^{-2}$ = 0.25 కి.గ్రా.

రెండు ద్రవరాశులను కలిపినట్లయితే మొత్తం ద్రవ్యరాశి

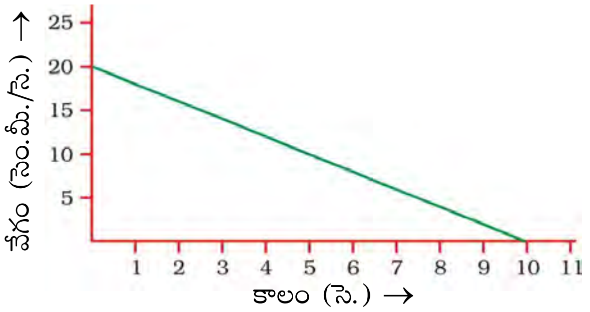
m = 0.5 కి.గ్రా. + 0.25 కి.గ్రా. = 0.75 కి.గ్రా.

కలిపిన రెండు ద్రవ్యరాశుల మొత్తం పై F బలాన్ని ప్రయోగించినప్పుడు,

త్వరణం $a = F/m$ = 5 N/0.75 కి.గ్రా. = 6.67 మీ.సె$^{-2}$.

ఉదాహరణ 8.5

ఒక పొడవైన టేబుల్ పైన 20 గ్రాముల బరువు గల కదులుతున్న బంతి యొక్క వేగం కాలం గ్రాఫ్ క్రింద చూపిన విధంగా సరళరేఖ లాగా ఉంది.



పటం 8.9

బంతిని నిశ్చలస్థితిలోకి తేవడానికి బంతి మీద బల్ల ఎంత బలం ప్రయోగించాలి?

సాధన:

బంతి యొక్క తొలి వేగం 20 సెం.మీ./సె. బల్ల చేత ప్రయోగించబడిన ఘర్షణ బలం వల్ల బంతి యొక్క వేగం తగ్గి 10 సెకనులలో సున్నకు చేరుకుంటుంది. అందువలన u = 20 సెం.మీ.సె$^{-1}$ v = 0 సెం.మీ.సె$^{-1}$ మరియు t = 10 సె. వేగం కాలం గ్రాఫ్ సరళరేఖ కాబట్టి బంతి స్థిర త్వరణంతో ప్రయాణిస్తుందని స్పష్టమవుతుంది.

త్వరణం $a = \dfrac{v-u}{t}$

= (0 సెం.మీ.సె$^{-1}$ – 20 సెం.మీ.సె$^{-1}$)/10 సె.

=–2 సెం.మీ.సె$^{-2}$ = –0.02 మీ.సె$^{-2}$.

The force exerted on the ball F is,

$F = ma = (20/1000)\ \text{kg} \times (-0.02\ \text{m s}^{-2})$
$= -0.0004\ \text{N}.$

The negative sign implies that the frictional force exerted by the table is opposite to the direction of motion of the ball.

8.5 Third Law of Motion

The first two laws of motion tell us how an applied force changes the motion and provide us with a method of determining the force. The third law of motion states that when one object exerts a force on another object, the second object instantaneously exerts a force back on the first. These two forces are always equal in magnitude but opposite in direction. These forces act on different objects and never on the same object. In the game of football sometimes we, while looking at the football and trying to kick it with a greater force, collide with a player of the opposite team. Both feel hurt because each applies a force to the other. In other words, there is a pair of forces and not just one force. The two opposing forces are also known as action and reaction forces.

Let us consider two spring balances connected together as shown in Fig. 8.10. The fixed end of balance B is attached with a rigid support, like a wall. When a force is applied through the free end of spring balance A, it is observed that both the spring balances show the same readings on their scales. It means that the force exerted by spring balance A on balance B is equal but opposite in direction to the force exerted by the balance B on balance A. Any of these two forces can be called as *action* and the other as *reaction*. This gives us an alternative statement of the third law of motion i.e., to every action there is an equal and opposite reaction. However, it must be remembered that the action and reaction always act on two different objects, simultaneously.

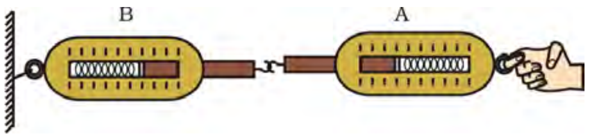


Fig. 8.10: Action and reaction forces are equal and opposite.

Suppose you are standing at rest and intend to start walking on a road. You must accelerate, and this requires a force in accordance with the second law of motion. Which is this force? Is it the muscular effort you exert on the road? Is it in the direction we intend to move? No, you push the road below backwards. The road exerts an equal and opposite force on your feet to make you move forward.

It is important to note that even though the action and reaction forces are always equal in magnitude, these forces may not produce accelerations of equal magnitudes. This is because each force acts on a different object that may have a different mass.

When a gun is fired, it exerts a forward force on the bullet. The bullet exerts an equal and opposite force on the gun. This results in the recoil of the gun (Fig. 8.11). Since the gun has a much greater mass than the bullet, the acceleration of the gun is much less than the acceleration of the bullet. The third law of motion can also be illustrated when a sailor jumps out of a rowing boat. As the sailor jumps forward, the force on the boat moves it backwards (Fig. 8.12).

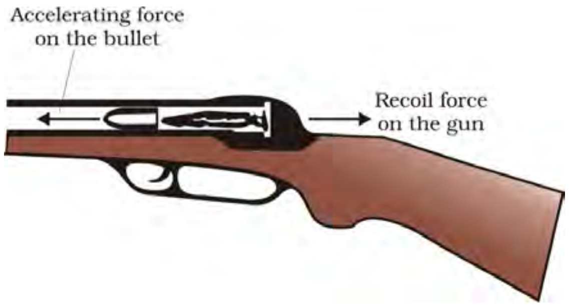


Fig. 8.11: A forward force on the bullet and recoil of the gun.

బంతిపై ప్రయోగించబడిన బలం

$F = ma = (20/1000)$ కి.గ్రా. $\times$ (-0.02మీ.సె$^{-2}$)

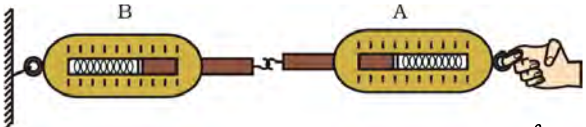
$= - 0.0004$ N

బల్ల చేత ప్రయోగింపబడిన ఘర్షణ బలం బంతి యొక్క చలనానికి వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుందని ఋణ గుర్తు తెలియజేస్తుంది.

8.5 మూడవ గమన నియమం

ఒక వస్తువుపై ప్రయోగింపబడిన బలం దాని చలనాన్ని ఎలా మారుస్తుంది మరియు బలాన్ని కనుగొనడానికి ఒక పద్ధతిని మొదటి రెండు చలన నియమాలు తెలియజేస్తాయి. ఒక వస్తువు రెండవ వస్తువుపై బలాన్ని ప్రయోగించినప్పుడు, రెండవ వస్తువు కూడా వెంటనే మొదటి వస్తువుపై తిరిగి బలాన్ని ప్రయోగిస్తుందని మూడవ గమన నియమం తెలియజేస్తుంది. ఈ రెండు బలాలు ఎప్పటికీ సమాన పరిమాణంలో ఉంటాయి. కానీ వ్యతిరేకదిశలో ఉంటాయి. ఈ బలాలు వేరువేరు వస్తువులపై పనిచేస్తాయి మరియు ఒకే వస్తువు మీద ఎప్పుడూ పని చేయవు.ఫుట్ బాల్ ఆటలో ఫుట్ బాల్ నే చూస్తూ దాన్ని అధిక బలంతో తన్నాలనే ప్రయత్నంలో కొన్నిసార్లు మనము ప్రత్యర్థి టీమ్‌లోని ఆటగాడిని ఢీకొంటాము. ఇద్దరూ గాయపడతారు ఎందుకంటే ఒకరి మీద మరొకరు బలం ప్రయోగించుకుంటారు. మరొక విధంగా చెప్పాలంటే, అక్కడ ఒక బలం కాదు, ఒక జత బలాలు ఉన్నాయి. ఈ రెండు వ్యతిరేక బలాలను చర్య, ప్రతి చర్య బలాలు అని కూడా అంటారు.

పటం 8.10లో చూపినట్లుగా రెండు స్ప్రింగ్ త్రాసులను కలపండి. స్ప్రింగ్ త్రాసు B యొక్క స్థిరమైన చివరని గోడ వంటి దృఢమైన ఆధారానికి తగిలించండి. స్ప్రింగ్ త్రాసు A యొక్క స్వేచ్ఛా చివరి భాగం గుండా బలాన్ని ప్రయోగించినప్పుడు రెండు స్ప్రింగ్ త్రాసులు వాటి స్కేళ్ళలో ఒకే రీడింగును చూపించడం గమనించవచ్చు. అంటే A స్ప్రింగ్ త్రాసు B స్ప్రింగు త్రాసుపై ప్రయోగించిన బలం, B స్ప్రింగ్ త్రాసు A స్ప్రింగ్‌త్రాసు మీద ప్రయోగించిన బలానికి సమానంగా ఉండును. A స్ప్రింగ్ త్రాసు B స్ప్రింగ్‌త్రాసుపై ప్రయోగించిన బలమును చర్య అని, B స్ప్రింగ్‌త్రాసు A స్ప్రింగ్ త్రాసుపై ప్రయోగించిన బలమును ప్రతిచర్య అని పిలుస్తారు. ఇది మనకు మూడవ గమన నియమానికి మరొక నిర్వచనాన్ని ఇస్తుంది. అనగా ప్రతీ చర్యకు సమానమైన మరియు వ్యతిరేకదిశలో ప్రతిచర్య ఉంటుంది. కానీ చర్య, ప్రతిచర్య బలాలు ఎప్పుడూ రెండు వేరువేరు వస్తువుల పైన ఒకే సమయంలో పనిచేస్తూ ఉంటాయని గుర్తుపెట్టుకోవాలి.



పటం 8.10: చర్య, ప్రతిచర్య బలాలు సమానం, వ్యతిరేకం

మీరు నిశ్చలంగా నిలబడి ఉన్నారనుకొందాం. రోడ్డు మీద నడక ప్రారంభించాలని అనుకుంటున్నారు అని అనుకుందాం. మీరు తప్పకుండా త్వరణం పొందాలి మరియు రెండవ గమన నియమం ఆధారంగా దీనికి బలం కావాలి. ఇది ఏ బలం? ఇది మీరు రోడ్డుపై ప్రయోగించే కండరబలమేనా? ఇది మనం కదలాలి అనుకుంటున్న దిశలోనే ఉందా? కాదు, మీరు రోడ్డు ను కిందకు, వెనుకకు నెట్టుతారు. రోడ్డు దీనికి సమానమైన మరియు వ్యతిరేకమైన బలాన్ని మీ పాదాలపై ప్రయోగించి మీరు ముందుకు కదిలేటట్లు చేస్తుంది.

చర్య ప్రతిచర్య బలాలు పరిమాణంలో సమానం అయినప్పటికీ ఈ బలాలు సమాన త్వరణాలు కలిగించకపోవచ్చు అనే ముఖ్యమైన విషయాన్ని మనం గమనించాలి. ఎందుకంటే ప్రతి బలం వేరు వేరు వస్తువుల మీద పనిచేస్తూ ఉంటుంది అంతేకాక వస్తువుల ద్రవ్యరాశులు కూడా వేరువేరుగా ఉండవచ్చు.

ఒక తుపాకీ కాల్చినప్పుడు, అది బుల్లెట్ పైన ముందుకు కదిలేటట్లుగా బలాన్ని ప్రయోగిస్తుంది. బుల్లెట్ తుపాకి మీద సమానమైన మరియు వ్యతిరేక బలాన్ని కలుగజేస్తుంది. ఇది తుపాకీ వెనుకకు వచ్చేటట్లు చేస్తుంది. (పటం 8.11). బుల్లెట్‌తో పోల్చినప్పుడు తుపాకి అధిక ద్రవ్యరాశి కలిగి ఉండడం వల్ల, తుపాకీలో కలిగే త్వరణం బులెట్‌లో కలిగే త్వరణం కంటే చాలా తక్కువ. మూడవ గమన నియమాన్ని ఒక పడవ నుంచి పడవ నడిపే వ్యక్తి కిందకు దూకే సందర్భం ద్వారా కూడా వివరించ వచ్చు. పడవ నడిపే వ్యక్తి ముందుకు దూకగానే, పడవ మీద పనిచేసే బలం దానిని వెనుకకు నెట్టుతుంది.

పటం 8.11: బుల్లెట్‌పై పురోగమన బలం మరియు తుపాకీలో తిరోగమనం

Fig. 8.12: As the sailor jumps in forward direction, the boat moves backwards.

Fig. 8.13

Activity 8.4

- Request two children to stand on two separate carts as shown in Fig. 8.13.
- Give them a bag full of sand or some other heavy object. Ask them to play a game of catch with the bag.
- Does each of them experience an instantaneous force as a result of throwing the sand bag?
- You can paint a white line on cartwheels to observe the motion of the two carts when the children throw the bag towards each other.

Now, place two children on one cart and one on another cart. The second law of motion can be seen, as this arrangement would show different accelerations for the same force.

The cart shown in this activity can be constructed by using a 12 mm or 18 mm thick plywood board of about 50 cm × 100 cm with two pairs of hard ball-bearing wheels (skate wheels are good to use). Skateboards are not as effective because it is difficult to maintain straight-line motion.

What you have learnt

- First law of motion: An object continues to be in a state of rest or of uniform motion along a straight line unless acted upon by an unbalanced force.
- The natural tendency of objects to resist a change in their state of rest or of uniform motion is called inertia.
- The mass of an object is a measure of its inertia. Its SI unit is kilogram (kg).
- Force of friction always opposes motion of objects.
- Second law of motion: The rate of change of momentum of an object is proportional to the applied unbalanced force in the direction of the force.

పటం 8.12: నావికుడు ముందుకు దూకగానే పడవ వెనుకకు కదులును

పటం 8.13

కృత్యం ------------------------ 8.4

- పటం 8.13లో చూపిన విధంగా రెండు వేరువేరు బండ్ల మీద ఇద్దరు పిల్లలను నిలబడమని చెప్పండి.
- వారికి ఇసుకతో నింపిన సంచి లేదా ఏదైనా ఒక బరువైన వస్తువును ఇవ్వండి. సంచిని క్యాచ్ పట్టుకునే ఆటను ఆడమని చెప్పండి.
- ఇసుక సంచిని విసరడం (చర్య) వల్ల వారు ఇద్దరూ తక్షణ ప్రతిచర్యాబలాన్ని అనుభవించారా?
- పిల్లలు ఒకరికి ఒకరు ఇసుక సంచిని విసురు తున్నప్పుడు రెండు బండ్ల కదలికలను గమనించ టానికి బండి చక్రాలకు తెల్లటి పెయింట్ వేయవచ్చు.

ఇప్పుడు ఒక బండిమీద ఇద్దరు పిల్లలను, మరొక బండిమీద ఒక పిల్లవాడిని నిలబెట్టండి. ఈ అమరిక ఒకే బలానికి వేరువేరు త్వరణాలను చూపుతుంది కాబట్టి రెండవ గమన నియమాన్ని గమనించవచ్చు.

ఈ కృత్యంలో చూపిన బండిని 12 మి.మీ. లేదా 18 మి.మీ. మందం, 50 సెం.మీ. × 100సెం.మీ. కొలతలు గల ప్లైవుడ్ చెక్కకు రెండు జతల దృఢమైన బాల్ బేరింగ్ చక్రాలు (స్కేటింగ్ వీల్ చక్రాలు వాడటానికి బాగుంటాయి) అమర్చడం ద్వారా నిర్మించవచ్చు. స్కేట్ బోర్డులు అంత సమర్థవంతమైనవి కాదు ఎందుకంటే వాటితో సరళరేఖ చలనాన్ని కొనసాగించడం కష్టం.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- మొదటి గమన నియమం: ఒక అసమతుల్యబలం పనిచేయనంతవరకు, నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న వస్తువు నిశ్చల స్థితిలోనూ, ఋజుమార్గంలో సమచలనంలో ఉన్నవస్తువు అదే స్థితిలోనూ ఉంటుంది.
- వస్తువులు తమ నిశ్చల స్థితిని గాని లేదా సమచలనంలోగాని మార్పును వ్యతిరేకించే సహజ లక్షణాన్ని జడత్వము అంటారు.
- జడత్వంనకు కొలత వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి. దాని S.I. ప్రమాణము కిలో గ్రాము (kg).
- ఘర్షణ బలం ఎల్లప్పుడు వస్తువుల చలనాన్ని వ్యతిరేకిస్తుంది.
- రెండవ గమన నియమం: ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యవేగం లో మార్పు రేటు, దానిపై ప్రయోగించబడిన అసమతుల్యబలానికి అనులోమానుపాతంలో ఆ బల దిశలోనే ఉంటుంది.

- The SI unit of force is kg m s^{-2}. This is also known as newton and represented by the symbol N. A force of one newton produces an acceleration of 1 m s^{-2} on an object of mass 1 kg.
- The momentum of an object is the product of its mass and velocity and has the same direction as that of the velocity. Its SI unit is kg m s^{-1}.
- Third law of motion: To every action, there is an equal and opposite reaction and they act on two different bodies.

Exercises

1. An object experiences a net zero external unbalanced force. Is it possible for the object to be travelling with a non-zero velocity? If yes, state the conditions that must be placed on
2. When a carpet is beaten with a stick, dust comes out of it, Explain.
3. Why is it advised to tie any luggage kept on the roof of a bus with a rope?
4. A batsman hits a cricket ball which then rolls on a level ground. After covering a short distance, the ball comes to rest. The ball slows to a stop because
   (a) the batsman did not hit the ball hard enough.
   (b) velocity is proportional to the force exerted on the ball.
   (c) there is a force on the ball opposing the motion.
   (d) there is no unbalanced force on the ball, so the ball would want to come to rest.
5. A truck starts from rest and rolls down a hill with a constant acceleration. It travels a distance of 400 m in 20 s. Find its acceleration. Find the force acting on it if its mass is 7 tonnes (*Hint*: 1 tonne = 1000 kg.)
6. A stone of 1 kg is thrown with a velocity of 20 m s^{-1} across the frozen surface of a lake and comes to rest after travelling a distance of 50 m. What is the force of friction between the stone and the ice?
7. A 8000 kg engine pulls a train of 5 wagons, each of 2000 kg, along a horizontal track. If the engine exerts a force of 40000 N and the track offers a friction force of 5000 N, then calculate:
   (a) the net accelerating force and
   (b) the acceleration of the train.
8. An automobile vehicle has a mass of 1500 kg. What must be the force between the vehicle and road if the vehicle is to be stopped with a negative acceleration of 1.7 m s^{-2}?

- బలానికి S.I. ప్రమాణం కి.గ్రా. మీ$^{-2}$. దీనిని న్యూటన్ అని కూడా అంటారు. N అనే సంకేతంతో సూచిస్తారు. ఒక కిలోగ్రామ్ ద్రవ్యరాశి గల వస్తువుపై ఒక న్యూటన్ బలం పనిచేసి 1 మీ. సె$^{-2}$ త్వరణం కలిగిస్తుంది.
- ఒక వస్తువు ద్రవ్యరాశి, వేగము లబ్ధాన్ని ఆ వస్తువు యొక్క ద్రవ్యవేగం అంటారు. ద్రవ్యవేగం దిశ దాని వేగ దిశలోనే ఉంటుంది. దీని S.I. ప్రమాణం కి.గ్రా.మీ. సె$^{-1}$.
- మూడవ గమన నియమం: ప్రతి చర్యకు దానికి సమానమైన, వ్యతిరేక దిశలో ప్రతి చర్య ఉంటుంది. చర్య, ప్రతిచర్య రెండు వేర్వేరు వస్తువులపై పనిచేస్తాయి.

అభ్యాసాలు

1. ఒక వస్తువు మీద పనిచేసిన ఫలిత బాహ్య అసమతుల్య బలం శూన్యం. శూన్యము కాని వేగంతో ఆ వస్తువు ప్రయాణించుటకు సాధ్యం అవుతుందా? ఒకవేళ సాధ్యమైతే, ఉండవలసిన పరిమితులను తెలపండి.
2. ఒక తివాచీని కర్రతో కొట్టినప్పుడు, దాని నుండి దుమ్ము బయటకు వస్తుంది. వివరించండి.
3. బస్సు పైన వేసిన సామాన్లను తాడుతో కట్టమని సలహా ఇస్తారు. ఎందుకు?
4. ఒక బ్యాట్స్‌మెన్ క్రికెట్ బంతిని కొట్టిన తర్వాత అది ఒక సమతలంపై దొర్లుకుంటూ వెళుతుంది. కొంత దూరం వెళ్లిన తర్వాత అది నిశ్చల స్థితికి వస్తుంది. బంతి నెమ్మదిగా వెళుతూ ఆగుతుంది ఎందుకంటే

   (ఎ) బ్యాట్స్‌మన్ బంతిని తగినంత గట్టిగా కొట్టలేదు

   (బి) బంతి వేగం బంతి పై ప్రయోగించబడిన బలానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది

   (సి) బంతి చలనాన్ని వ్యతిరేకించే ఒక బలం పనిచేసింది.

   (డి) బంతిపై అసమతుల్య బలం పనిచేయడం లేదు, అందువల్ల బంతి నిశ్చల స్థితిలోకి వచ్చింది.
5. ఒక ట్రక్కు నిశ్చల స్థితి నుండి బయలుదేరి స్థిర త్వరణంతో కొండపై నుండి క్రిందకు ప్రయాణించింది. ఇది 20 సెకండ్లలో 400 మీటర్ల దూరాన్ని ప్రయాణించింది. దాని త్వరణాన్ని కనుక్కోండి. ట్రక్కు యొక్క ద్రవ్యరాశి 7 టన్నులు అయిన దానిపై పనిచేసే బలాన్ని కనుక్కోండి. (1 టన్ను=1000 కి.గ్రా.)
6. ఒక కిలో గ్రాము ద్రవ్యరాశి గల ఒక రాయి గడ్డ కట్టబడిన ఒక సరస్సు ఉపరితలం మీద నుండి 20 మీ./సె. వేగంతో విసరబడింది. 50 మీటర్ల దూరం ప్రయాణించిన తర్వాత అది నిశ్చల స్థితికి వచ్చింది. రాయికి, మంచుకు మధ్య గల ఘర్షణ బలం ఎంత?
7. 8000 కిలో గ్రాముల ద్రవ్యరాశి గల రైలు ఇంజన్ ఒక్కొక్కటి 2000 కి. గ్రా. ద్రవ్యరాశి గల 5 వ్యాగన్లను ఒక సమతల మార్గంలో లాగుతుంది. ఒకవేళ ఇంజిన్‌పై 40000N బలం మరియు రైలు మార్గం 5000N ఘర్షణ బలం ప్రయోగించినట్లయితే అప్పుడు కింది వాటిని లెక్కించండి.

   (ఎ) ఫలిత త్వరణ బలం మరియు

   (బి) రైలు యొక్క త్వరణం
8. ఒక మోటారు వాహనం యొక్క ద్రవ్యరాశి 1500 కి.గ్రా. ఒకవేళ వాహనాన్ని 1.7 మీ. సె$^{-2}$ ఋణత్వరణంతో ఆపాలి అనుకుంటే, రోడ్డుకు మరియు వాహనానికి మధ్య ఉండవలసిన ఘర్షణ బలం ఎంత?

9. What is the momentum of an object of mass *m*, moving with a velocity *v*?

   (a) $(mv)^2$ (b) mv^2 (c) ½ mv^2 (d) mv

10. Using a horizontal force of 200 N, we intend to move a wooden cabinet across a floor at a constant velocity. What is the friction force that will be exerted on the cabinet?

11. According to the third law of motion when we push on an object, the object pushes back on us with an equal and opposite force. If the object is a massive truck parked along the roadside, it will probably not move. A student justifies this by answering that the two opposite and equal forces cancel each other. Comment on this logic and explain why the truck does not move.

12. A hockey ball of mass 200 g travelling at 10 m s^{-1} is struck by a hockey stick so as to return it along its original path with a velocity at 5 m s^{-1}. Calculate the magnitude of change of momentum occurred in the motion of the hockey ball by the force applied by the hockey stick.

13. A bullet of mass 10 g travelling horizontally with a velocity of 150 m s^{-1} strikes a stationary wooden block and comes to rest in 0.03 s. Calculate the distance of penetration of the bullet into the block. Also calculate the magnitude of the force exerted by the wooden block on the bullet.

14. An object of mass 1 kg travelling in a straight line with a velocity of 10 m s^{-1} collides with, and sticks to, a stationary wooden block of mass 5 kg. Then they both move off together in the same straight line. Calculate the total momentum just before the impact and just after the impact. Also, calculate the velocity of the combined object.

15. An object of mass 100 kg is accelerated uniformly from a velocity of 5 m s^{-1} to 8 m s^{-1} in 6 s. Calculate the initial and final momentum of the object. Also, find the magnitude of the force exerted on the object.

16. Akhtar, Kiran and Rahul were riding in a motorcar that was moving with a high velocity on an expressway when an insect hit the windshield and got stuck on the windscreen. Akhtar and Kiran started pondering over the situation. Kiran suggested that the insect suffered a greater change in momentum as compared to the change in momentum of the motorcar (because the change in the velocity of the insect was much more than that of the motorcar). Akhtar said that since the motorcar was moving with a larger velocity, it exerted a larger force on the insect. And as a result the insect died. Rahul while putting an entirely new explanation said that both the motorcar and the insect experienced the

9. m ద్రవ్యరాశి కలిగి v వేగంతో ప్రయాణిస్తున్న ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యవేగం ఎంత?
   (a) $(mv)^2$ (b) mv^2 (c) $\frac{1}{2} mv^2$ (d) mv

10. 200N క్షితిజ సమాంతర బలాన్ని ఉపయోగించి,ఒక చెక్క వస్తువును స్థిర వేగంతో నేల మీద కదిలించాలి అనుకున్నాము. అయితే చెక్క వస్తువు మీద పనిచేసే ఘర్షణ బలం ఎంత?

11. మూడవ గమన నియమం ప్రకారం, ఒక వస్తువును మనం నెట్టినప్పుడు ఆ వస్తువు కూడా తిరిగి మనలను సమానమైన మరియు వ్యతిరేకమైన బలంతో నెట్టుతుంది. ఒకవేళ ఆ వస్తువు రోడ్డు పక్కన ఆగి ఉన్న పెద్ద ట్రక్కు వంటి వాహనం అయితే బహుశా అది కదలదు. దీనిని రెండు సమానమైన మరియు వ్యతిరేకమైన బలాలు ఒకదానికొకటి రద్దు చేసుకుంటాయని సమాధానం ఇవ్వడం ద్వారా ఒక విద్యార్థి సమర్థించుకోవచ్చు. ఈ సమాధానంపై మీ విమర్శను రాయండి. ట్రక్కు ఎందుకు కదలదో వివరించండి?.

12. 10 మీ.సె$^{-1}$ వేగంతో ప్రయాణిస్తున్న 200 గ్రాములు ద్రవ్యరాశి గల హాకీ బాల్ తిరిగి తన అసలు మార్గంలో 5 మీ.సె$^{-1}$ వేగంతో ప్రయాణించేటట్లు చేయడానికి హాకీస్టిక్‌తో కొట్టబడినది. హాకీస్టిక్ ద్వారా ప్రయోగించబడిన బలం వల్ల హాకీ బంతి చలనములో, హాకీ బంతి ద్రవ్యవేగంలో కలిగిన మార్పు పరిమాణాన్ని లెక్కించండి.?

13. 150 మీ.సె$^{-1}$ వేగంతో క్షితిజ సమాంతరంగా ప్రయాణిస్తున్న 10 గ్రాముల ద్రవ్యరాశి గల బుల్లెట్ నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న ఒక చెక్క దిమ్మెను ఢీకొని, 0.03 సెకండ్ల తర్వాత నిశ్చల స్థితికి వచ్చింది. బుల్లెట్ చెక్క దిమ్మెలో ఎంత లోతుకు దిగుతుందో లెక్కించండి. అంతేకాక చెక్క దిమ్మె బుల్లెట్‌పై ప్రయోగించే బలపరిమాణాన్ని కూడా లెక్కించండి?.

14. సరళరేఖా మార్గంలో 10 మీ.సె$^{-1}$ వేగంతో ప్రయాణిస్తున్న 1 కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువు 5 కిలో గ్రాముల ద్రవ్యరాశి గల నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న చెక్క దిమ్మెను ఢీకొని దానికి అతుక్కుంటుంది. తర్వాత అవి రెండు అదే సరళరేఖా మార్గంలో కలిసి కదులుతాయి. అభిఘాతానికి ముందు మరియు అభి ఘాతం తర్వాత ద్రవ్యవేగాన్ని లెక్కించండి.అంతేకాకుండా, రెండు వస్తువుల సంయుక్త వేగాన్ని లెక్కించండి?

15. 100 కిలో గ్రాములు ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువు సమ త్వరణంతో ప్రయాణిస్తూ దాని వేగం 6 సెకండ్లలో 5 మీ.సె$^{-1}$ నుండి 8 మీ.సె$^{-1}$ కు మారింది. అయిన వస్తువు యొక్క తొలి,తుది ద్రవ్యవేగమును లెక్కించండి. అంతేకాక వస్తువుపై ప్రయోగించబడిన బలపరిమాణాన్ని కనుక్కోండి?

16. ఒక ఎక్స్‌ప్రెస్ మార్గంలో అక్తర్, కిరణ్ మరియు రాహుల్ అధిక వేగంతో ఒక మోటార్ వాహనంలో ప్రయాణిస్తున్నారు. ఒక కీటకం మోటార్ వాహనం విండ్‌షీల్డ్‌ను ఢీకొని, విండ్‌స్క్రీన్‌లో ఇరుక్కున్నది. అక్తర్ మరియు కిరణ్ ఈ సందర్భం గురించి ఆలోచించడం మొదలుపెట్టారు. మోటర్ కారు ద్రవ్యవేగంలో మార్పుతో పోల్చినప్పుడు కీటకం యొక్క ద్రవ్యవేగంలో మార్పు చాలా అధికంగా ఉంటుందని కిరణ్ సూచించాడు.(ఎందుకంటే మోటారు కారు యొక్క వేగంలో మార్పు కంటే కీటకం యొక్క వేగంలో మార్పు చాలా అధికంగా ఉంది). మోటారు కారు చాలా అధిక వేగంతో ప్రయాణిస్తూ ఉంది కాబట్టి ఇది కీటకం పైన చాలా అధిక బలం ప్రయోగించింది అని మరియు దాని ఫలితంగానే కీటకం చనిపోయిందని అఖ్తర్ అన్నాడు. రాహుల్ వీరిద్దరి కంటే పూర్తిగా కొత్తదైన వివరణ ఇస్తూ మోటార్ కారు మరియు కీటకం రెండు కూడా ఒకే పరిమాణం గల బలాన్ని ఎదుర్కొన్నాయి, వాటి ద్రవ్యవేగంలో సమాన మార్పును పొందాయి అని అన్నాడు. ఈ సూచనలపై వ్యాఖ్యానించండి.

same force and a change in their momentum. Comment on these suggestions.

17. How much momentum will a dumb-bell of mass 10 kg transfer to the floor if it falls from a height of 80 cm? Take its downward acceleration to be 10 m s^{-2}.

Additional Exercises

A1. The following is the distance-time table of an object in motion:

Time in seconds	Distance in metres
0	0
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125
6	216
7	343

(a) What conclusion can you draw about the acceleration? Is it constant, increasing, decreasing, or zero?

(b) What do you infer about the forces acting on the object?

A2. Two persons manage to push a motorcar of mass 1200 kg at a uniform velocity along a level road. The same motorcar can be pushed by three persons to produce an acceleration of 0.2 m s^{-2}. With what force does each person push the motorcar? (Assume that all persons push the motorcar with the same muscular effort.)

A3. A hammer of mass 500 g, moving at 50 m s^{-1}, strikes a nail. The nail stops the hammer in a very short time of 0.01 s. What is the force of the nail on the hammer?

A4. A motorcar of mass 1200 kg is moving along a straight line with a uniform velocity of 90 km/h. Its velocity is slowed down to 18 km/h in 4 s by an unbalanced external force. Calculate the acceleration and change in momentum. Also calculate the magnitude of the force required.

17. 10 కిలో గ్రాముల ద్రవ్యరాశిగల డంబెల్ 80 సెం.మీ. ఎత్తు నుండి కిందకు పడినప్పుడు ఎంత ద్రవ్యవేగాన్ని నేలకు బదిలీ చేస్తుంది?. క్రింది వైపుకు పనిచేసే త్వరణాన్ని 10 మీ.సె$^{-2}$ గా తీసుకోండి?.

అదనపు అభ్యాసాలు

A1. చలనంలో ఉన్న ఒక వస్తువు యొక్క దూరము – కాలము పట్టిక క్రింద ఇవ్వబడినది.

కాలం సెకండ్లలో	దూరం మీటర్లలో
0	0
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125
6	216
7	343

(ఎ) త్వరణం గురించి నీవు ఏమి చెప్పగలవు?. అది స్థిరంగాఉందా, పెరుగుతూఉందా, తగ్గుతూ ఉందా లేదా సున్నానా?

(బి) వస్తువు పై పనిచేస్తున్న బలాల గురించి నీవు ఏమి చెప్పగలవు?.

A2. 1200 కిలో గ్రాముల ద్రవ్యరాశి గల ఒక మోటారు కారును ఒక సమతలంగా ఉన్న రోడ్డుపై ఇద్దరు వ్యక్తులు సమవేగంతో నెట్టగలిగారు. ఒకవేళ ఆ మోటారు కారును ముగ్గురు వ్యక్తులు నెట్టినప్పుడు దానిలో 0.2 మీ.సె$^{-2}$. త్వరణం కలుగుతుంది. ఒక్కొక్క వ్యక్తి ఆ మోటారు కారును ఎంత బలంతో నెట్టారు? (మోటారు కారును నెట్టడంలో అందరు వ్యక్తులు ఒకే విధమైన కండర బలాన్ని ప్రయోగించారు అని అనుకొనుము)

A3. 500 గ్రాములు ద్రవ్యరాశి గల సుత్తి 50 మీ.సె$^{-1}$, వేగంతో కదులుతూ ఒక మేకును ఢీకొట్టింది. ఆ మేకు 0.01 సెకండ్ల అతి స్వల్ప సమయంలో సుత్తిని ఆపింది. సుత్తి పైనమేకు ప్రయోగించిన బలం ఎంత?

A4. 1200 కిలో గ్రాముల ద్రవ్యరాశి గల ఒక మోటారు కారు ఒక సరళరేఖ మార్గంలో గంటకు 90 కిలోమీటర్ల సమవేగంతో కదులుతూ ఉంది. నాలుగు సెకండ్ల పాటు పనిచేసిన అసమతుల్య బాహ్య బలం వల్ల దాని వేగం గంటకు 18 కిలోమీటర్లకు తగ్గించబడినది. త్వరణాన్ని మరియు ద్రవ్యవేగంలో మార్పులను లెక్కించండి. కావలసిన బలపరిమాణాన్ని కూడా లెక్కించండి?

Chapter 9

GRAVITATION

We have learnt about the motion of objects and force as the cause of motion. We have learnt that a force is needed to change the speed or the direction of motion of an object. We always observe that an object dropped from a height falls towards the earth. We know that all the planets go around the Sun. The moon goes around the earth. In all these cases, there must be some force acting on the objects, the planets and on the moon. Isaac Newton could grasp that the same force is responsible for all these. This force is called the gravitational force.

In this chapter we shall learn about gravitation and the universal law of gravitation. We shall discuss the motion of objects under the influence of gravitational force on the earth. We shall study how the weight of a body varies from place to place. We shall also discuss the conditions for objects to float in liquids.

9.1 Gravitation

We know that the moon goes around the earth. An object when thrown upwards, reaches a certain height and then falls downwards. It is said that when Newton was sitting under a tree, an apple fell on him. The fall of the apple made Newton start thinking. He thought that: if the earth can attract an apple, can it not attract the moon? Is the force the same in both cases? He conjectured that the same type of force is responsible in both the cases. He argued that at each point of its orbit, the moon falls towards the earth, instead of going off in a straight line. So, it must be attracted by the earth. But we do not really see the moon falling towards the earth.

Let us try to understand the motion of the moon by recalling activity 7.11.

Activity 9.1

- Take a piece of thread.
- Tie a small stone at one end. Hold the other end of the thread and whirl it round, as shown in Fig. 9.1.
- Note the motion of the stone.
- Release the thread.
- Again, note the direction of motion of the stone.

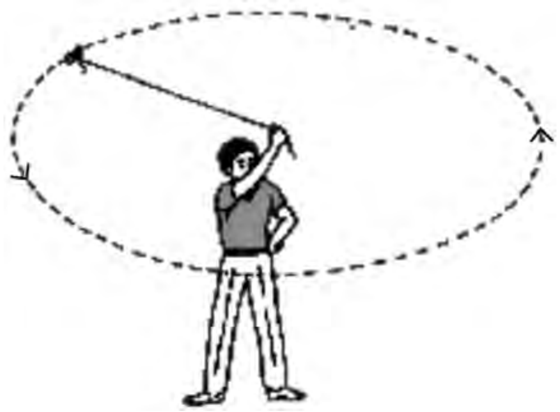


Fig. 9.1: A stone describing a circular path with a velocity of constant magnitude.

Before the thread is released, the stone moves in a circular path with a certain speed and changes direction at every point. The change in direction involves change in velocity or acceleration. The force that causes this acceleration and keeps the body moving along the circular path is acting towards the centre. This force is called the centripetal (meaning 'centre-seeking') force.

అధ్యాయం 9

T4X1L6

గురుత్వాకర్షణ

వస్తువుల యొక్క చలనానికి బలం కారణమని మనము తెలుసుకున్నాము. వస్తువు యొక్క వేగం లేదా చలన దిశలో మార్పును తీసుకురావడానికి బలం అవసరమనీ మనకు తెలుసు. కొంత ఎత్తు నుండి జార విడిచిన వస్తువులు భూమివైపు చలించడాన్ని మనం గమనిస్తూనే ఉన్నాం. సూర్యుని చుట్టూ అన్ని గ్రహాలు తిరుగుతుంటాయని మనకు తెలుసు. భూమి చుట్టూ చంద్రుడు తిరుగుతాడు. అన్ని సందర్భాలలో గ్రహాలు, చంద్రుడు లాంటి వస్తువులపై ఏదో బలం వాటిపై పని చేస్తూ ఉండాలి. వీటన్నిటికీ ఒకే ఒక బలం కారణమవుతుందని ఐజాక్ న్యూటన్ గ్రహించాడు. ఈ బలాన్ని గురుత్వాకర్షణ బలం అంటారు.

ఈ అధ్యాయంలో మనం గురుత్వాకర్షణ, విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమం గురించి తెలుసుకుందాం. భూమిపై గురుత్వాకర్షణ శక్తి ప్రభావంతో వస్తువుల చలనం గురించి చర్చిద్దాం. వస్తువు యొక్క భారం ప్రదేశం బట్టి ఎందుకు మారుతుందో నేర్చుకుందాం. వస్తువులు ద్రవాలలో తేలియాడడానికి కావలసిన పరిస్థితులను కూడా మనం చర్చిద్దాం.

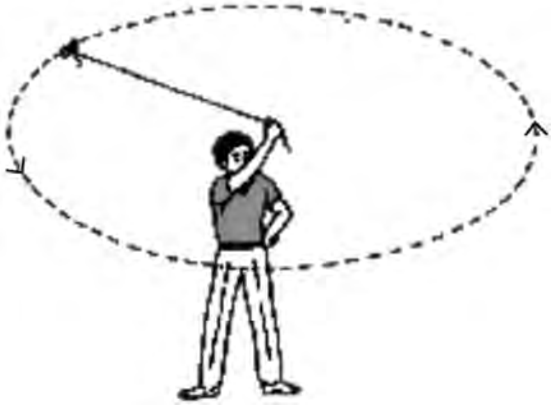
9.1 గురుత్వాకర్షణ

చంద్రుడు, భూమి చుట్టూ తిరుగుతాడని మనకు తెలుసు. ఒక వస్తువును పైకి విసిరినప్పుడు అది నిర్దిష్ట ఎత్తుకు చేరుకొని, మరల కిందికి పడిపోతుంది. న్యూటన్ ఆపిల్ చెట్టు క్రింద కూర్చొని ఉన్నప్పుడు అతనిపై ఆపిల్ పడింది. ఆపిల్ క్రిందికి పడటం, న్యూటన్ ని ఆలోచించేలా చేసింది. అతను ఇలా అనుకున్నాడు: భూమి ఆపిల్ ను ఆకర్షించగలిగితే, అది చంద్రుని ఆకర్షించలేదా? ఈ రెండు సందర్భాల్లోనూ బలం ఒకటేనా? రెండు సందర్భాల్లోనూ ఒకే రకమైన బలం కారణమై ఉంటుందని ఆయన ఊహించారు. చంద్రుడు తన కక్ష్యలోని ప్రతి బిందువు వద్ద ఒక సరళరేఖలో వెళ్లకుండా భూమి వైపు పడిపోతాడని ఆయన వాదించారు. కాబట్టి, అది భూమిచే ఆకర్షింపబడాలి.కానీ నిజానికి చంద్రుడు భూమివైపు పడటం మనము చూడలేము.

కృత్యము 7.11 గుర్తుకు తెచ్చుకోవటం ద్వారా చంద్రుని చలనమును అవగాహన చేసుకోవడానికి ప్రయత్నిద్దాం.

కృత్యం ------------------ 9.1

- దారపు ముక్కను తీసుకోండి.
- పటం 9.1 లో చూపిన విధంగా, దారం ఒక చివర రాయిని కట్టి, రెండవ చివరను చేతితో పట్టుకొని గుండ్రంగా తిప్పండి.
- రాయి యొక్క చలనమును గమనించండి.
- దారమును వదిలి వేయండి.
- మరలా రాయి చలన దిశను గమనించండి.



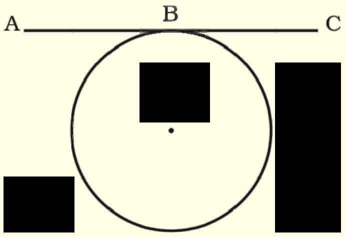
పటం 9.1: స్థిర పరిమాణం గల వేగంతో వృత్తాకార మార్గంలో చలిస్తున్న రాయి గురించి వర్ణించుట.

దారం వదలక ముందు, రాయి నిర్దిష్ట వడితో వృత్తాకార మార్గంలో చలిస్తూ, ప్రతి బిందువు వద్ద దిశను మార్చుకుంటుంది. దిశలో మార్పు వలన వేగంలో మార్పు లేదా త్వరణం ఏర్పడుతుంది. ఈ త్వరణం ఏర్పటానికి కావలసిన బలం, వస్తువును వృత్తాకార మార్గంలో ఉంచుతూ కేంద్రం వైపు పనిచేస్తుంది. ఈ బలాన్ని అభికేంద్ర (అంటే కేంద్రం వైపు పనిచేసే) బలం అంటారు.

In the absence of this force, the stone flies off along a straight line. This straight line will be a tangent to the circular path.

More to know

Tangent to a circle



A straight line that meets the circle at one and only one point is called a tangent to the circle. Straight line ABC is a tangent to the circle at point B.

The motion of the moon around the earth is due to the centripetal force. The centripetal force is provided by the force of attraction of the earth. If there were no such force, the moon would pursue a uniform straight line motion.

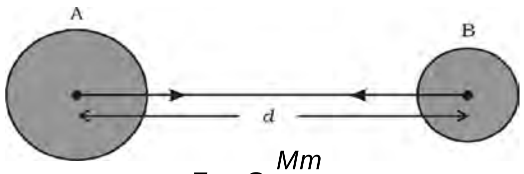
It is seen that a falling apple is attracted towards the earth. Does the apple attract the earth? If so, we do not see the earth moving towards an apple. Why?

According to the third law of motion, the apple does attract the earth. But according to the second law of motion, for a given force, acceleration is inversely proportional to the mass of an object [Eq. (9.4)]. The mass of an apple is negligibly small compared to that of the earth. So, we do not see the earth moving towards the apple. Extend the same argument for why the earth does not move towards the moon.

In our solar system, all the planets go around the Sun. By arguing the same way, we can say that there exists a force between the Sun and the planets. From the above facts Newton concluded that not only does the earth attract an apple and the moon, but all objects in the universe attract each other. This force of attraction between objects is called the gravitational force.

9.1.1 Universal Law of Gravitation

Every object in the universe attracts every other object with a force which is proportional to the product of their masses and inversely proportional to the square of the distance between them. The force is along the line joining the centres of two objects.



$$F = G\frac{Mm}{d^2}$$

Fig. 9.2: The gravitational force between two uniform objects is directed along the line joining their centres.

Let two objects A and B of masses M and m lie at a distance d from each other as shown in Fig. 9.2. Let the force of attraction between two objects be F. According to the universal law of gravitation, the force between two objects is directly proportional to the product of their masses. That is,

$$F \propto M \times m \qquad (9.1)$$

And the force between two objects is inversely proportional to the square of the distance between them, that is,

$$F \propto \frac{1}{d^2} \qquad (9.2)$$

Combining Eqs. (10.1) and (10.2), we get

$$F \propto \frac{M \times m}{d^2} \qquad (9.3)$$

or, $$F = G\frac{M \times m}{d^2} \qquad (9.4)$$

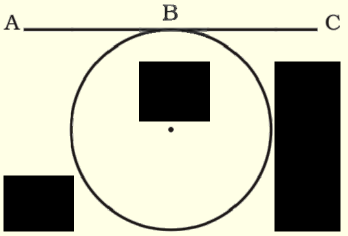
where G is the constant of proportionality and is called the universal gravitation constant. By multiplying crosswise, Eq. (9.4) gives

$$F \times d^2 = G\, M \times m$$

ఈ బలం లేనప్పుడు, రాయి సరళరేఖ వెంబడి ప్రయాణిస్తుంది. ఈ సరళరేఖ వృత్తాకార మార్గానికి గీచిన స్పర్శ రేఖగా ఉంటుంది.

మరింత తెలుసుకుందాం

ఒక వృత్తానికి గీచిన స్పర్శరేఖ



ఒక సరళరేఖ, వృత్తాన్ని ఒకే ఒక బిందువు వద్ద ఖండిస్తే ఆ రేఖను వృతానికి స్పర్శ రేఖ అంటారు. సరళరేఖ ABC అనేది వృతానికి B వద్ద స్పర్శరేఖ.

భూమి చుట్టూ చంద్రుని చలనానికి కారణం కేంద్రబలం. ఈ అభికేంద్ర బలం భూమికి కావలసిన ఆకర్షణ బలమును సమకూరుస్తుంది. ఈ బలము లేకుంటే, చంద్రుని చలనం సరళరేఖ మార్గంలో ఉండేది.

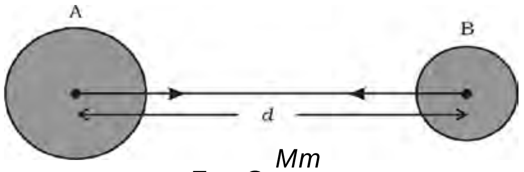
క్రిందికి పడిపోతున్న ఆపిల్, భూమి వైపు ఆకర్షించబడినట్లు కనిపిస్తుంది. ఆపిల్ భూమిని ఆకర్షిస్తుందా? ఒకవేళ అదే నిజమైతే, ఆపిల్ వైపు భూమి కదలటం మనకు ఎందుకు కనిపించదు?

మూడవ గమన నియమం ప్రకారం, ఆపిల్ భూమిని ఆకర్షిస్తుంది. కానీ రెండవ గమన నియమం ప్రకారం, కావలసిన బలానికి త్వరణం అనేది వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశికి విలోమాను పాతంలో ఉంటుంది (సమీ. 9.4). భూమి ద్రవ్యరాశితో పోల్చుకుంటే ఆపిల్ ద్రవ్యరాశి ఉపేక్షించదగినంత తక్కువ. అందువలన ఆపిల్ వైపు భూమి కదలడాన్ని గమనించలేము. చంద్రుని వైపు భూమి ఎందుకు కదలదు అనే వాదనకు కూడా ఇది వర్తిస్తుంది.

మన సౌర వ్యవస్థలో, అన్ని గ్రహాలు సూర్యుని చుట్టూ తిరుగుతాయి. అదే వాదనను బలపరచడం ద్వారా సూర్యునికి మరియు గ్రహాల మధ్య ఒక బలం ఉండాలి. పైన పేర్కొన్న వాస్తవాల ఆధారంగా చంద్రుడు, యాపిల్ లను మాత్రమే భూమి ఆకర్షించడం లేదు, కానీ విశ్వంలోని అన్ని వస్తువుల మధ్య ఆకర్షణ ఉంటుందని న్యూటన్ నిర్ధారించాడు. ఈ వస్తువుల మధ్య ఉండే ఆకర్షణ బలాన్ని గురుత్వాకర్షణ బలం అంటారు.

9.1.1 విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమం

విశ్వంలో ప్రతి వస్తువు మరొక వస్తువును ఆకర్షిస్తుంది. ఈ ఆకర్షణ బలపరిమాణం వాటి ద్రవ్యరాశుల లబ్ధానికి అనులోమాను పాతంలోనూ, వాటి మధ్య దూర వర్గానికి విలోమానుపాతంలోనూ ఉంటుంది. ఈ బలం అనేది రెండు వస్తువుల కేంద్రకాలను కలిపే సరళరేఖ వెంబడి ఉంటుంది.



$$F = G\frac{Mm}{d^2}$$

పటం 9.2: రెండు ఏకరీతి వస్తువుల మధ్య గురుత్వాకర్షణ బలం వాటి కేంద్రాలను కలిపే సరళరేఖ వెంబడి నిర్దేశించబడుతుంది.

పటం 9.2 లో చూపిన విధంగా M, m ద్రవ్యరాశులు గల A, B అనే రెండు వస్తువులు ఒకదానికొకటి d దూరంలో ఉన్నాయని అనుకుందాం. రెండు వస్తువుల మధ్య ఆకర్షణ బలం F అనుకుందాం. విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమం ప్రకారం, ఈ బలం రెండు వస్తువుల ద్రవ్యరాశుల లబ్ధానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. అంటే

$$F \propto M \times m \qquad (9.1)$$

మరియు ఈ బలం అనేది రెండు వస్తువుల మధ్య దూర వర్గానికి విలోమనుపాతంలో ఉంటుంది, అంటే

$$F \propto \frac{1}{d^2} \qquad (9.2)$$

సమీకరణాలను 10.1 మరియు 10.2 లను కలపగా

$$F \propto \frac{M \times m}{d^2} \qquad (9.3)$$

లేక, $$F = G\frac{M \times m}{d^2} \qquad (9.4)$$

ఇక్కడ అనుపాత స్థిరాంకం G ను విశ్వ గురుత్వాకర్షణ స్థిరాంకం అంటారు. సమీకరణం (9.4) ను అడ్డ గుణకారం చేయగా,

$$F \times d^2 = G M \times m$$

$$or \quad G = \frac{F d^2}{M \times m} \qquad (9.5)$$

The SI unit of G can be obtained by substituting the units of force, distance and mass in Eq. (9.5) as N m^2 kg^{-2}.

The value of G was found out by Henry Cavendish (1731 – 1810) by using a sensitive balance. The accepted value of G is 6.673 $\times$ 10^{-11} N m^2 kg^{-2}.

We know that there exists a force of attraction between any two objects. Compute the value of this force between you and your friend sitting closeby. Conclude how you do not experience this force!

More to know

The law is universal in the sense that it is applicable to all bodies, whether the bodies are big or small, whether they are celestial or terrestrial.

Inverse-square

Saying that *F* is inversely proportional to the square of *d* means, for example, that if *d* gets bigger by a factor of 6, *F* becomes $\frac{1}{36}$ times smaller.

Example 9.1 The mass of the earth is 6 $\times$ 10^{24} kg and that of the moon is 7.4 $\times$10^{22} kg. If the distance between the earth and the moon is 3.84 $\times$ 10^5 km, calculate the force exerted by the earth on the moon. (Take G = 6.7 $\times$ 10^{-11} N m^2 kg^{-2})

Solution:

The mass of the earth, $M = 6 \times 10^{24}$ kg

The mass of the moon,

$m = 7.4 \times 10^{22}$ kg

The distance between the earth and the moon,

$$d = 3.84 \times 10^5 \text{ km}$$
$$= 3.84 \times 10^5 \times 1000 \text{ m}$$
$$= 3.84 \times 10^8 \text{ m}$$
$$G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

From Eq. (9.4), the force exerted by the earth on the moon is

$$F = G\frac{M \times m}{d^2}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24} \text{ kg} \times 7.4 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3.84 \times 10^8 \text{ m})^2}$$

= 2.02 $\times$ 10^{20} N.

Thus, the force exerted by the earth on the moon is 2.02 $\times$ 10^{20} N.

Questions

1. *State the universal law of gravitation.*
2. *Write the formula to find the magnitude of the gravitational force between the earth and an object on the surface of the earth.*

9.1.2 Importance of the Universal Law of Gravitation

The universal law of gravitation successfully explained several phenomena which were believed to be unconnected:

(i) the force that binds us to the earth;
(ii) the motion of the moon around the earth;
(iii) the motion of planets around the Sun; and
(iv) the tides due to the moon and the Sun.

9.2 Free Fall

Let us try to understand the meaning of free fall by performing this activity.

Activity 9.2

- Take a stone.
- Throw it upwards.
- It reaches a certain height and then it starts falling down.

We have learnt that the earth attracts objects towards it. This is due to the gravitational force. Whenever objects fall towards the earth under this force alone, we say that the objects are in free fall. Is there any

లేక $G = \frac{F d^2}{M \times m}$ (9.5)

సమీకరణం 9.5 లో బలం, దూరం, ద్రవ్యరాశి ప్రమాణాలను ప్రతిక్షేపించగా Gకు SI ప్రమాణం న్యూ.మీ.^{2} కి.గ్రా$^{-2}$.

సున్నితపు త్రాసును ఉపయోగించి హెన్రీ కావెండిష్ (1731 – 1810) శాస్త్రవేత్త G విలువను కనుగొన్నాడు. ఆమోదించబడిన G విలువ 6.673×10^{-11} న్యూ.మీ.^{2} కి.గ్రా$^{-2}$.

ఏవైనా రెండు వస్తువుల మధ్య ఆకర్షణ బలం పనిచేస్తుందని మనకు తెలుసు. నీవు, నీ స్నేహితుడు దగ్గరగా కూర్చుని ఉన్నప్పుడు మీ మధ్య పని చేసే బలాన్ని గణించండి. ఎందుకు ఈ బలాన్ని నీవు అనుభవించలేకపోతున్నావో నిర్ధారించు!

మరింత తెలుసుకుందాం

ఈ నియమం విశ్వంలో ఉండే అన్ని వస్తువులకు వర్తిస్తుంది. అవి చిన్నవైన లేక పెద్దవైన, ఖగోళ వస్తువులైన లేక భూమి మీద ఉండే వస్తువులైనా కావచ్చు.

విలోమ – వర్గం

F అనేది d యొక్క వర్గానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. అంటే, ఉదాహరణకు, d ఆరు రెట్లు అయితే, F అనేది $\frac{1}{36}$ రెట్లు చిన్నదిగా అవుతుంది.

ఉదాహరణ 9.1 భూమి ద్రవ్యరాశి 6×10^{24} కి.గ్రా., చంద్రుని ద్రవ్యరాశి 7.4×10^{22} కి.గ్రా. భూమికి మరియు చంద్రునికి మధ్యగల దూరం 3.84×10^5 కి.మీ. అయితే చంద్రుడి మీద భూమి కలగజేసే బలాన్ని లెక్కించండి. ($G = 6.7 \times 10^{-11}$ న్యూ.మీ.^{2} కి.గ్రా$^{-2}$ గా తీసుకోండి)

సాధన:

భూమి ద్రవ్యరాశి, $M = 6 \times 10^{24}$ కి.గ్రా.

చంద్రుని ద్రవ్యరాశి,

$m = 7.4 \times 10^{22}$ కి.గ్రా.

భూమికి, చంద్రునికి మధ్య గల దూరం,

$d = 3.84 \times 10^5$ కి.మీ.

$= 3.84 \times 10^5 \times 1000$ మీ.

$= 3.84 \times 10^8$ మీ.

$G = 6.7 \times 10^{-11}$ న్యూ.మీ^{2} కి.గ్రా$^{-2}$

సమీకరణం (9.4) నుండి చంద్రునిపై భూమి ప్రయోగించే బలం

$$F = G \frac{M \times m}{d^2}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2} \times 6 \times 10^{24}\ kg \times 7.4 \times 10^{22}\ kg}{(3.84 \times 10^8\ m)^2}$$

$= 2.02 \times 10^{20}$ N.

ఈ విధంగా, చంద్రుడి మీద భూమి కలగజేసే బలం 2.02×10^{20} N.

ప్రశ్నలు

1. *విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమాన్ని నిర్వచించండి.*
2. *భూమి మరియు భూ ఉపరితలంపై ఉన్న వస్తువు మధ్య ఉండే గురుత్వాకర్షణ బల పరిమాణాన్ని కనుగొనే సూత్రాన్ని వ్రాయండి.*

9.1.2. విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమం యొక్క ప్రాముఖ్యత

విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమం విజయవంతంగా సంబంధం లేని అనేక దృగ్విషయాలను వివరించింది.

(1) మనల్ని భూమికి పరిమితం చేసే బలం

(2) భూమి చుట్టూ చంద్రుని చలనం

(3) సూర్యుని చుట్టూ గ్రహాల చలనం మరియు

(4) చంద్రుడు మరియు సూర్యుని వలన ఆటుపోట్లు

9.2. స్వేచ్ఛాపతనం

ఈ కృత్యం చేయటం ద్వారా స్వేచ్ఛాపతనం ను అర్థం చేసుకోవడానికి ప్రయత్నిద్దాం.

కృత్యం ------------------ 9.2

- ఒక రాయిని తీసుకోండి.
- దానిని పైకి విసిరేయండి.
- ఇది ఒక నిర్దిష్ట ఎత్తుకు చేరుకున్న తర్వాత, అప్పుడు అది క్రిందకు పడటం మొదలవుతుంది.

భూమి తన వైపు వస్తువులను ఆకర్షిస్తుందని తెలుసుకున్నాం. దీనికి కారణం గురుత్వాకర్షణ బలం. ఈ బలం వలన వస్తువులు ఎప్పుడైతే భూమి వైపు పతనం అవుతాయో, అలాంటి వస్తువులను స్వేచ్ఛాపతన వస్తువులని చెబుతాం. స్వేచ్ఛాపతన వస్తువుల వేగంలో

change in the velocity of falling objects? While falling, there is no change in the direction of motion of the objects. But due to the earth's attraction, there will be a change in the magnitude of the velocity. Any change in velocity involves acceleration. Whenever an object falls towards the earth, an acceleration is involved. This acceleration is due to the earth's gravitational force. Therefore, this acceleration is called the acceleration due to the gravitational force of the earth (or acceleration due to gravity). It is denoted by g. The unit of g is the same as that of acceleration, that is, m s^{-2}.

We know from the second law of motion that force is the product of mass and acceleration. Let the mass of the stone in activity 9.2 be m. We already know that there is acceleration involved in falling objects due to the gravitational force and is denoted by g. Therefore the magnitude of the gravitational force F will be equal to the product of mass and acceleration due to the gravitational force, that is,

$$F = m\,g \qquad (9.6)$$

From Eqs. (9.4) and (9.6) we have

$$m\,g = G\frac{M \times m}{d^2}$$

$$\text{or} \quad g = G\frac{M}{d^2} \qquad (9.7)$$

where M is the mass of the earth, and d is the distance between the object and the earth.

Let an object be on or near the surface of the earth. The distance d in Eq. (9.7) will be equal to R, the radius of the earth. Thus, for objects on or near the surface of the earth,

$$mg = G\frac{M \times m}{R^2} \qquad (9.8)$$

$$g = G\frac{M}{R^2} \qquad (9.9)$$

The earth is not a perfect sphere. As the radius of the earth increases from the poles to the equator, the value of g becomes greater at the poles than at the equator. For most calculations, we can take g to be more or less constant on or near the earth. But for objects far from the earth, the acceleration due to gravitational force of earth is given by Eq. (9.7).

9.2.1 To calculate the value of g

To calculate the value of g, we should put the values of G, M and R in Eq. (9.9), namely, universal gravitational constant, $G = 6.7 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}, mass of the earth, $M = 6 \times 10^{24}$ kg, and radius of the earth, $R = 6.4 \times 10^6$ m.

$$g = G\frac{M}{R^2}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6.4 \times 10^6\ \text{m})^2}$$

$$= 9.8\ \text{m s}^{-2}.$$

Thus, the value of acceleration due to gravity of the earth, $g = 9.8$ m s^{-2}.

9.2.2 Motion of objects under the influence of gravitational force of the earth

Let us do an activity to understand whether all objects hollow or solid, big or small, will fall from a height at the same rate.

Activity 9.3

- Take a sheet of paper and a stone. Drop them simultaneously from the first floor of a building. Observe whether both of them reach the ground simultaneously.
- We see that paper reaches the ground little later than the stone. This happens because of air resistance. The air offers resistance due to friction to the motion of the falling objects. The resistance offered by air to the paper is more than the resistance offered to the stone. If we do the experiment in a glass jar from which air has been sucked out, the paper and the stone would fall at the same rate.

ఏదైనా మార్పు ఉందా? కిందికి పడుతున్న వస్తువు చలన దిశలో ఎలాంటి మార్పు లేదు. కానీ భూమి యొక్క ఆకర్షణ కారణంగా దాని వేగ పరిమాణంలో మార్పు ఉంటుంది. ఏదైనా వేగంలోని మార్పు వలన త్వరణం వస్తుంది. ఎప్పుడైనా వస్తువు భూమి వైపు కిందికి పడుతుంటే అది త్వరణాన్ని పొందుతుంది. ఈ త్వరణం భూమి గురుత్వాకర్షణ బలం వల్ల కలుగుతుంది. అందువలన ఈ త్వరణమును భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ బల త్వరణం (లేక గురుత్వ త్వరణం). దీనిని g తో సూచిస్తారు. g యొక్క ప్రమాణం, త్వరణం ప్రమాణం ఒక్కటే. అది $m\ s^{-2}$.

న్యూటన్ రెండవ గమన నియమం నుండి బలం అనేది ద్రవ్యరాశి మరియు త్వరణాల లబ్ధమని మనకు తెలుసు. కృత్యం 9.2 లో రాయి ద్రవ్యరాశిని m అనుకోండి. స్వేచ్ఛాపతన వస్తువులలో గురుత్వాకర్షణ బలం వలన త్వరణం ఏర్పడుతుందని, దీనిని g తో సూచిస్తారని మనకి ముందే తెలుసు. అందువల్ల గురుత్వాకర్షణ బల పరిమాణం F అనేది ద్రవ్యరాశి మరియు గురుత్వ త్వరణముల లబ్దానికి సమానం. అంటే

$$F = m\,g \qquad (9.6)$$

సమీ. (9.4), (9.6) ల నుండి

$$m\,g = G\frac{M \times m}{d^2}$$

లేక $$g = G\frac{M}{d^2} \qquad (9.7)$$

ఇక్కడ M అనేది భూమి యొక్క ద్రవ్యరాశి, d అనేది వస్తువుకి భూమికి మధ్య గల దూరం.

భూమి ఉపరితలంపై లేదా సమీపంలో ఒక వస్తువు ఉందని అనుకుందాం. సమీకరణం (9.7) లో దూరము d, R కు సమానం, అది భూమి వ్యాసార్థం. అందువలన, భూమి యొక్క ఉపరితలంపై లేదా సమీపంలో వస్తువులకు,

$$mg = G\frac{M \times m}{R^2} \qquad (9.8)$$

$$g = G\frac{M}{R^2} \qquad (9.9)$$

భూమి సంపూర్ణ గోళం కాదు. భూమి యొక్క వ్యాసార్థం ధ్రువాల నుండి భూమధ్యరేఖ వరకు పెరుగుతుంది. g విలువ భూమధ్యరేఖ వద్ద కంటే ధ్రువాలు వద్ద ఎక్కువ. చాలా సమస్యల కోసం, మనం g విలువను భూమిపై లేదా అతి సమీపంలో ఉండే విలువనే తీసుకోవాలి. ఒకవేళ వస్తువులు భూమి నుండి సుదూరంగా ఉన్నప్పుడు సమీ.(9.7) నుండి గురుత్వ త్వరణాన్ని పొందవచ్చు.

9.2.1 g విలువను లెక్కించుట

g విలువను లెక్కించుటకు మనం G, M మరియు R విలువలను సమీకరణం (9.9) లో ప్రతిక్షేపించాలి. అవి, విశ్వ గురుత్వాకర్షణ స్థిరాంకం, $G = 6.7 \times 10^{-11}$ న్యూ.మీ^{2} కి.గ్రా$^{-2}$, భూమి ద్రవ్యరాశి, $M = 6 \times 10^{24}$ కి.గ్రా. మరియు భూమి యొక్క వ్యాసార్థం, $R = 6.4 \times 10^6$ మీ.

$$g = G\frac{M}{R^2}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6.4 \times 10^6\ \text{m})^2}$$

$$= 9.8\ \text{మీ.సె}^{-2}$$

ఈ విధంగా, భూమి మీద గురుత్వ త్వరణం విలువ, $g = 9.8$ మీ.సె$^{-2}$.

9.2.2 గురుత్వాకర్షణ బల ప్రభావంతో ప్రయాణించే వస్తువుల చలనం

బోలుగా లేదా ఘనంగా, పెద్దవి లేదా చిన్నవి ఉన్న అన్ని వస్తువులు కొంత ఎత్తు నుండి పడినప్పుడు అవి ప్రయాణించిన కాలం సమానమని అర్థం చేసుకోవడానికి మనం ఒక కృత్యాన్ని నిర్వహిద్దాం.

కృత్యం ------------------ 9.3

- ఒక కాగితం, ఒక రాయిని తీసుకోండి.ఒక భవనం యొక్క మొదటి అంతస్తు నుండి ఒకేసారి రెండింటిని వదలండి. రెండు ఒకేసారి భూమికి చేరుకుంటాయో లేదో గమనించండి.
- కాగితం, రాయి కంటే కొంచెం ఆలస్యంగా భూమికి చేరుకోవటం మనం చూస్తాము. గాలి నిరోధకత కారణంగా ఇది జరుగుతుంది. స్వేచ్ఛగా కిందికి పడే వస్తువుల గమనమునకు గాలిలో ఘర్షణ కారణంగా నిరోధకత అందుతుంది. రాయి పై గాలి నిరోధకత కంటే కాగితంపై గాలి నిరోధకత ఎక్కువ. మనము ఇదే ప్రయోగాన్ని గాలి తీసి వేయబడిన గాజు జాడీలో చేస్తే కాగితము, రాయి రెండూ ఒకే కాలంలో చేరతాయి.

We know that an object experiences acceleration during free fall. From Eq. (9.9), this acceleration experienced by an object is independent of its mass. This means that all objects hollow or solid, big or small, should fall at the same rate. According to a story, Galileo dropped different objects from the top of the Leaning Tower of Pisa in Italy to prove the same.

As g is constant near the earth, all the equations for the uniformly accelerated motion of objects become valid with acceleration a replaced by g. The equations are:

$$v = u + at \quad (9.10)$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \quad (9.11)$$

$$v^2 = u^2 + 2as \quad (9.12)$$

where u and v are the initial and final velocities and s is the distance covered in time, t.

In applying these equations, we will take acceleration, a to be positive when it is in the direction of the velocity, that is, in the direction of motion. The acceleration, a will be taken as negative when it opposes the motion.

Example 9.2 A car falls off a ledge and drops to the ground in 0.5 s. Let $g = 10\ \text{m s}^{-2}$ (for simplifying the calculations).

(i) What is its speed on striking the ground?

(ii) What is its average speed during the 0.5 s?

(iii) How high is the ledge from the ground?

Solution:

Time, t = ½ second

Initial velocity, $u = 0\ \text{m s}^{-1}$

Acceleration due to gravity, $g = 10\ \text{m s}^{-2}$

Acceleration of the car, $a = +10\ \text{m s}^{-2}$ (downward)

(i) speed $v = at$

$v = 10\ \text{m s}^{-2} \times 0.5\ \text{s}$

$= 5\ \text{m s}^{-1}$

(ii) average speed $= \dfrac{u+v}{2}$

$= (0\ \text{m s}^{-1} + 5\ \text{m s}^{-1})/2$

$= 2.5\ \text{m s}^{-1}$

(iii) distance travelled, $s = ½\, a\, t^2$

$= ½ \times 10\ \text{m s}^{-2} \times (0.5\ \text{s})^2$

$= ½ \times 10\ \text{m s}^{-2} \times 0.25\ \text{s}^2$

$= 1.25\ \text{m}$

Thus,

(i) its speed on striking the ground $= 5\ \text{m s}^{-1}$

(ii) its average speed during the 0.5 s $= 2.5\ \text{m s}^{-1}$

(iii) height of the ledge from the ground $= 1.25$ m.

Example 9.3 An object is thrown vertically upwards and rises to a height of 10 m. Calculate (i) the velocity with which the object was thrown upwards and (ii) the time taken by the object to reach the highest point.

Solution:

Distance travelled, $s = 10$ m

Final velocity, $v = 0\ \text{m s}^{-1}$

Acceleration due to gravity, $g = 9.8\ \text{m s}^{-2}$

Acceleration of the object, $a = -9.8\ \text{m s}^{-2}$ (upward motion)

(i) $v^2 = u^2 + 2a\,s$

$0 = u^2 + 2 \times (-9.8\ \text{m s}^{-2}) \times 10\ \text{m}$

$-u^2 = -2 \times 9.8 \times 10\ \text{m}^2\,\text{s}^{-2}$

$u = \sqrt{196}\ \text{m s}^{-1}$

$u = 14\ \text{m s}^{-1}$

(ii) $v = u + a\,t$

$0 = 14\ \text{m s}^{-1} - 9.8\ \text{m s}^{-2} \times t$

$t = 1.43$ s.

Thus,

(i) Initial velocity, $u = 14\ \text{m s}^{-1}$, and

(ii) Time taken, $t = 1.43$ s.

Questions

1. *What do you mean by free fall?*
2. *What do you mean by acceleration due to gravity?*

స్వేచ్ఛగా కిందికి పడే వస్తువు త్వరణాన్ని పొందుతుందని మనకు తెలుసు. సమీకరణం (9.9) నుండి వస్తువు అనుభవించే ఈ త్వరణము దాని ద్రవ్యరాశికి స్వతంత్రంగా ఉంటుంది. దీని అర్థం, అన్ని వస్తువులు బోలుగా లేదా ఘనమైనవి పెద్దవి లేదా చిన్నవి అయినా ఒకే సమయంలో పతనం చెందుతాయి. ఒక కథనం ప్రకారం గెలీలియో ఇటలీలోని పీసా లీనింగ్ టవర్ పై నుండి వేర్వేరు వస్తువులను జార విడిచినప్పుడు అవి ఒకే సమయంలో పతనమైనవిగా నిరూపించారు.

భూ ఉపరితలం మీద g విలువ స్థిరంగా ఉంటుంది కనుక, అన్నీ సమత్వరణ చలన సమీకరణాలలో a కి బదులు g ను ప్రతిక్షేపించి వినియోగించవచ్చు.

ఆ సమీకరణాలు

$$v = u + at \tag{9.10}$$

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2 \tag{9.11}$$

$$v^2 = u^2 + 2as \tag{9.12}$$

ఇక్కడ u, v అనేవి తొలి, తుది వేగాలు మరియు s అనేది t కాలములో ప్రయాణించిన దూరం.

ఈ సమీకరణాలను మనం వర్తింప చేసేటప్పుడు, త్వరణం a ను ధనాత్మకంగా తీసుకోవాలంటే, ఇది వేగ దిశలో ఉన్నప్పుడు అంటే చలనదిశ. త్వరణం a ను ఋణాత్మకంగా తీసుకోవాలంటే, ఇది వస్తువు చలన దిశకు వ్యతిరేకంగా ఉండాలి.

ఉదాహరణ 9.2 ఒక కారు గట్టునుండి పడిపోయి, అది నేలను 0.5 సె. చేరింది. g = 10 మీ/ సె అనుకొనుము (గణనలను సరళతరం చేయటం కోసం).

(1) ఎంత వడితో నేలను తాకింది?

(2) 0.5 సెకన్ల కాలంలో సరాసరి వడి ఎంత?

(3) నేల నుండి గట్టు ఎంత ఎత్తులో ఉన్నది?

సాధన:

కాలం, t = ½ సెకండ్

తొలి వేగం, $u = 0$ m s^{-1}

గురుత్వ త్వరణం, g = 10 మీ. సె$^{-2}$

కారు త్వరణం, a = + 10 మీ సె$^{-2}$ (క్రింద వైపు)

(1) వడి $v = a\,t$

v = 10 మీ సె$^{-2}$ × 0.5 సె.

= 5 మీ సె$^{-1}$

(2) సరాసరి వడి $= \frac{u+v}{2}$

= (0 మీ సె$^{-1}$ ం 5 మీ సె$^{-1}$) / 2

= 2.5 మీ సె$^{-1}$

(3) ప్రయాణించిన దూరం, $s = ½\, a\, t^2$

= ½ × 10 మీ సె$^{-1}$ × (0.5 సె)^2

= ½ × 10 మీ సె$^{-1}$ × 0.25 సె^{2}

= 1.25 మీ

ఈ విధంగా,

(1) నేలను తాకే వడి

= 5 మీ.సె$^{-1}$

(2) 0.5 సె కాలంలో దాని సరాసరి వడి

= 2.5 మీ.సె$^{-1}$

(3) నేల నుండి గట్టు ఎత్తు

= 1.25 మీ.

ఉదాహరణ 9.3 నిట్ట నిలువుగా పైకి విసిరిన వస్తువు 10 మీ ఎత్తుకు చేరుకుంది. (1) వస్తువును పైకి విసిరిన వేగాన్ని (2) వస్తువు గరిష్ఠ ఎత్తుకు చేరుటకు పట్టిన కాలాన్ని గణించండి.

సాధన:

ప్రయాణించిన దూరం, s = 10 మీ

తుదివేగం, v = 0 మీ.సె$^{-1}$

గురుత్వత్వరణం, g = 9.8 మీ సె$^{-2}$

వస్తువు త్వరణం, a = 9.8 మీ సె$^{-2}$

(ఊర్ధ్వచలనం)

(1) $v^2 = u^2 + 2a\,s$

0 = u^2 + 2 × (– 9.8 మీ సె$^{-2}$) × 10 మీ.

$-u^2$ = –2 × 9.8 × 10 మీ^{2} సె$^{-2}$

$u = \sqrt{196}$ మీ సె$^{-1}$

u = 14 మీ సె$^{-1}$

(2) $v = u + a\,t$

0 = 14 మీ సె$^{-1}$ – 9.8 మీ సె$^{-2}$ × t

t = 1.43 సె

ఈ విధంగా

(1) తొలి వేగం, u = 14 మీ సె$^{-1}$, మరియు

(2) పట్టే కాలం, t = 1.43 సె.

ప్రశ్నలు

1. *స్వేచ్ఛాపతనం అంటే ఏమిటి?*
2. *గురుత్వత్వరణం అంటే నీకేమర్థమయింది?*

9.3 Mass

We have learnt in the previous chapter that the mass of an object is the measure of its inertia. We have also learnt that greater the mass, the greater is the inertia. It remains the same whether the object is on the earth, the moon or even in outer space. Thus, the mass of an object is constant and does not change from place to place.

9.4 Weight

We know that the earth attracts every object with a certain force and this force depends on the mass (m) of the object and the acceleration due to the gravity (g). The weight of an object is the force with which it is attracted towards the earth.

We know that

$$F = m \times a, \tag{9.13}$$

that is,

$$F = m \times g. \tag{9.14}$$

The force of attraction of the earth on an object is known as the weight of the object. It is denoted by W. Substituting the same in Eq. (9.14), we have

$$W = m \times g \tag{9.15}$$

As the weight of an object is the force with which it is attracted towards the earth, the SI unit of weight is the same as that of force, that is, newton (N). The weight is a force acting vertically downwards; it has both magnitude and direction.

We have learnt that the value of g is constant at a given place. Therefore at a given place, the weight of an object is directly proportional to the mass, say m, of the object, that is, $W \propto m$. It is due to this reason that at a given place, we can use the weight of an object as a measure of its mass. The mass of an object remains the same everywhere, that is, on the earth and on any planet whereas its weight depends on its location because g depends on location.

9.4.1 Weight of an object on the moon

We have learnt that the weight of an object on the earth is the force with which the earth attracts the object. In the same way, the weight of an object on the moon is the force with which the moon attracts that object. The mass of the moon is less than that of the earth. Due to this the moon exerts lesser force of attraction on objects.

Let the mass of an object be m. Let its weight on the moon be W_m. Let the mass of the moon be M_m and its radius be R_m.

By applying the universal law of gravitation, the weight of the object on the moon will be

$$W_m = G\frac{M_m \times m}{R_m^2} \tag{9.16}$$

Let the weight of the same object on the earth be W_e. The mass of the earth is M and its radius is R.

Table 9.1

Celestial body	Mass (kg)	Radius (m)
Earth	5.98×10^{24}	6.37×10^{6}
Moon	$7.36 \times\times 10^{22}$	1.74×10^{6}

From Eqs. (9.9) and (9.15) we have,

$$W_e = G\frac{M \times m}{R^2} \tag{9.17}$$

Substituting the values from Table 10.1 in Eqs. (9.16) and (9.17), we get

$$W_m = G\frac{7.36 \times 10^{22}\,\text{kg} \times m}{\left(1.74 \times 10^{6}\,\text{m}\right)^2}$$

$$W_m = 2.431 \times 10^{10}\,G \times m \tag{9.18a}$$

and $W_e = 1.474 \times 10^{11}\,G \times m$ (9.18b)

Dividing Eq. (9.18a) by Eq. (9.18b), we get

$$\frac{W_m}{W_e} = \frac{2.431 \times 10^{10}}{1.474 \times 10^{11}}$$

or

$$\frac{W_m}{W_e} = 0.165 \approx \frac{1}{6} \tag{9.19}$$

$$\frac{\text{Weight of the object on the moon}}{\text{Weight of the object on the earth}} = \frac{1}{6}$$

Weight of the object on the moon

= (1/6) × its weight on the earth.

9.3 ద్రవ్యరాశి

మనము గత అధ్యాయంలో జడత్వం యొక్క కొలతనే వస్తువు ద్రవ్యరాశి అని నేర్చుకున్నాము . ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి ఉన్న వస్తువుకి జడత్వం ఎక్కువ ఉంటుందని కూడా మనం నేర్చుకున్నాం. వస్తువు భూమిపై ఉన్నా చంద్రుడుపై ఉన్నా లేదా అంతరిక్షంలో ఉన్నా అది అలాగే ఉంటుంది. అందువలన, ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి స్థిరంగా ఉంటుంది. ప్రదేశాన్ని బట్టి మారదు.

9.4 భారం

భూమి ప్రతి వస్తువును కొంత బలంతో ఆకర్షిస్తుందని, ఈ ఆకర్షణ బలం అనేది వస్తువు ద్రవ్యరాశి (m), గురుత్వ త్వరణం (g) మీద ఆధారపడుతుంది. వస్తువు యొక్క భారం అనేది వస్తువుపై భూమి చూపే ఆకర్షణ అని మనకు తెలుసు

$$F = m \times a, \qquad (9.13)$$

అంటే

$$F = m \times g. \qquad (9.14)$$

వస్తువుపై పని చేసే భూమ్యాకర్షణ బలాన్ని వస్తువు భారం అంటారు. దీనిని W తో సూచిస్తారు. సమీకరణం (9.14) లో దీనిని ప్రతిక్షేపించగా

$$W = m \times g \qquad (9.15)$$

ఒక వస్తువు యొక్క భారము అనేది దానిపై పని చేసే భూమ్యాకర్షణ బలం కాబట్టి SI పద్ధతిలో భారానికి ,బలానికి ప్రమాణం ఒక్కటే, అదే న్యూటన్ (N) . భారం అనేది నిలువుగా కిందికి పనిచేసే బలం; దీనికి పరిమాణము, దిశ రెండూ ఉంటాయి.

ఇచ్చిన ప్రదేశంలో g విలువ స్థిరంగా ఉంటుందని మనం తెలుసుకున్నాము. అందువల్ల ఇచ్చిన ప్రదేశం వద్ద వస్తువు ఒక భారం దాని ద్రవ్యరాశికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. వస్తువు ద్రవ్యరాశి m అయితే $W \propto m$. ఈ కారణంగా ఒక ప్రదేశం వద్ద మనం వస్తువు భారమును ఉపయోగించి దాని ద్రవ్యరాశి కొలవచ్చును. ఎక్కడైనా ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి ఒకేలాగా ఉంటుంది, అంటే భూమి పైన మరియు ఏదైనా గ్రహంపైన అయితే దాని భారం ఆ ప్రదేశం మీద ఆధార పడుతుంది ఎందుకంటే g ప్రదేశం మీద ఆధారపడుతుంది.

9.4.1 చంద్రునిపై వస్తువు యొక్క భారం

భూమి మీద వస్తువు యొక్క భారము అనేది దాని మీద పనిచేసే భూమ్యాకర్షణ బలమని మనం నేర్చుకున్నాము. అదేవిధంగా, చంద్రుని మీద వస్తువు యొక్క భారం అనేది దాని మీద పనిచేసే చంద్రుని ఆకర్షణ బలం. చంద్రుని ద్రవ్యరాశి భూమి కంటే తక్కువ. దీని కారణంగా చంద్రుడు వస్తువులపై తక్కువ ఆకర్షణ శక్తిని కలుగజేస్తాడు.

ఒక వస్తువు ద్రవ్యరాశి m అనుకొనుము. చంద్రుడి మీద దాని భారం W_m అనుకొనుము. చంద్రుని యొక్క ద్రవ్యరాశి M_m, దాని వ్యాసార్థం R_m అనుకొనుము.

విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమాన్ని వినియోగించడం ద్వారా చంద్రుని మీద వస్తువు యొక్క భారం అనేది

$$W_m = G\frac{M_m \times m}{R_m^2} \qquad (9.16)$$

అదే వస్తువు యొక్క భారం భూమి మీద W_e అనుకొనుము. భూమి ద్రవ్యరాశి M, దాని వ్యాసార్థం R.

పట్టిక 9.1

ఖగోళ వస్తువు	ద్రవ్యరాశి (కి.గ్రా)	వ్యాసార్థం (మీ)
భూమి	5.98×10^{24}	6.37×10^{6}
చంద్రుడు	7.36×10^{22}	1.74×10^{6}

(9.9) మరియు (9.15) సమీకరణాల నుండి

$$W_e = G\frac{M \times m}{R^2} \qquad (9.17)$$

పట్టిక 9.1 నుండి విలువలను (9.16) మరియు (9.17) సమీకరణాలలో ప్రతిక్షేపించగా

$$W_m = G\frac{7.36 \times 10^{22}\,\text{kg} \times m}{\left(1.74 \times 10^{6}\,\text{m}\right)^2}$$

$$W_m = 2.431 \times 10^{10}\,G \times m \qquad (9.18\text{ఎ})$$

మరియు $W_e = 1.474 \times 10^{11}\,G \times m$ (9.18బి)

(9.18ఎ) సమీకరణమును (9.18బి), తో భాగించగా

$$\frac{W_m}{W_e} = \frac{2.431 \times 10^{10}}{1.474 \times 10^{11}}$$

లేక $$\frac{W_m}{W_e} = 0.165 \approx \frac{1}{6} \qquad (9.19)$$

$$\frac{\text{చంద్రుడి మీద వస్తువు భారము}}{\text{భూమి మీద వస్తువు భారం}} = \frac{1}{6}$$

చంద్రుడి మీద వస్తువు భారము

$= (1/6) \times$ భూమిపై దాని భారం

Example 9.4 Mass of an object is 10 kg. What is its weight on the earth?

Solution:

Mass, m = 10 kg
Acceleration due to gravity, g = 9.8 m s^{-2}

$W = m \times g$

$W = 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} = 98 \text{ N}$

Thus, the weight of the object is 98 N.

Example 9.5 An object weighs 10 N when measured on the surface of the earth. What would be its weight when measured on the surface of the moon?

Solution:

We know,
Weight of object on the moon
= (1 / 6) × its weight on the earth.
That is,

$$W_m = \frac{W_e}{6} = \frac{10}{6} \text{ N.}$$

$= 1.67$ N.

Thus, the weight of object on the surface of the moon would be 1.67 N.

Questions

1. *What are the differences between the mass of an object and its weight?*
2. *Why is the weight of an object on the moon $\frac{1}{6}^{th}$ its weight on the earth?*

9.5 Thrust and Pressure

Have you ever wondered why a camel can run in a desert easily? Why an army tank weighing more than a thousand tonne rests upon a continuous chain? Why a truck or a motorbus has much wider tyres? Why cutting tools have sharp edges? In order to address these questions and understand the phenomena involved, it helps to introduce the concepts of the net force in a particular direction (thrust) and the force per unit area (pressure) acting on the object concerned.

Let us try to understand the meanings of thrust and pressure by considering the following situations:

Situation 1: You wish to fix a poster on a bulletin board, as shown in Fig 9.3. To do this task you will have to press drawing pins with your thumb. You apply a force on the surface area of the head of the pin. This force is directed perpendicular to the surface area of the board. This force acts on a smaller area at the tip of the pin.

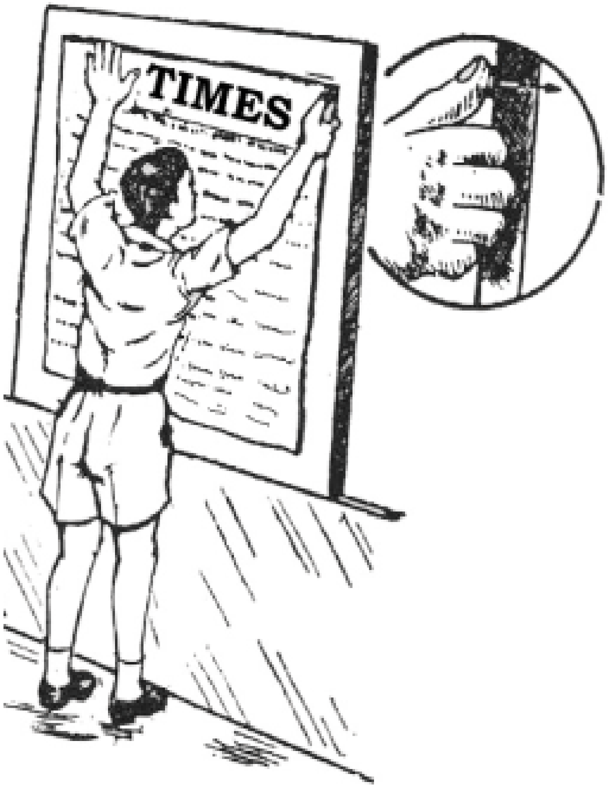


Fig. 9.3: To fix a poster, drawing pins are pressed with the thumb perpendicular to the board.

Situation 2: You stand on loose sand. Your feet go deep into the sand. Now, lie down on the sand. You will find that your body will not go that deep in the sand. In both cases the force exerted on the sand is the weight of your body.

ఉదాహరణ 9.4 ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి 10 కి.గ్రా. భూమిపై దాని భారం ఎంత?

సాధన:

ద్రవ్యరాశి, m = 10 కి.గ్రా.

గురుత్వ త్వరణం, g = 9.8 మీ సె$^{-2}$

$W = m \times g$

W = 10 కి.గ్రా × 9.8 మీ.సె$^{-2}$ = 98 న్యూ

కావున, వస్తువు భారం 98 న్యూ

ఉదాహరణ 9.5 ఒక వస్తువు భారం భూమి ఉపరితలంపై కొలిచినప్పుడు 10 న్యూ. ఉంది. అదే వస్తువు భారం చంద్రుని ఉపరితలం మీదకు కొలిచినప్పుడు ఎంత ఉంటుంది?

సాధన:

మనకు తెలుసు,

చంద్రుని పై వస్తువు భారము

= (1 / 6) × భూమిపై దాని భారం

అంటే,

$$W_m = \frac{W_e}{6} = \frac{10}{6} \text{ న్యూ.}$$

= 1.67 N.

కావున, చంద్రుని ఉపరితలంపై వస్తువు భారం 1.67 న్యూ.

ప్రశ్నలు

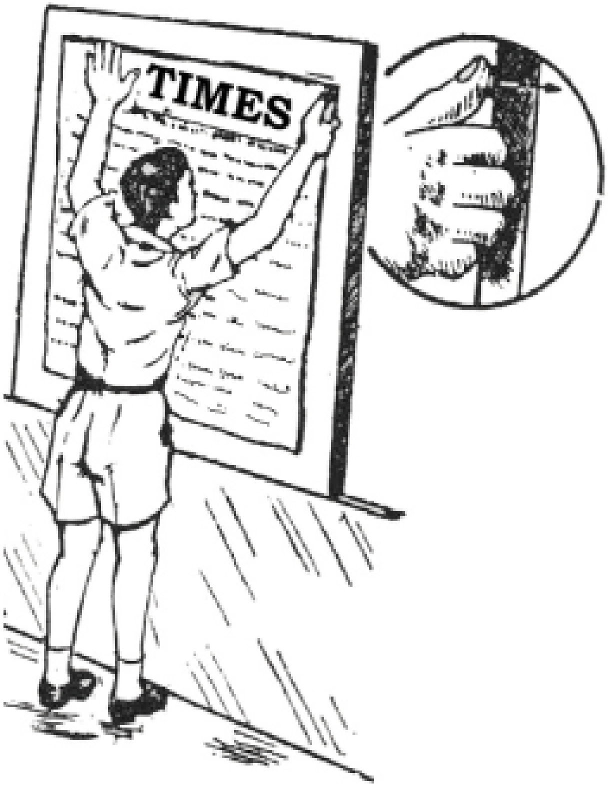
1. *ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశికి మరియు దాని భారమునకు మధ్య గల తేడాలు ఏమిటి?*
2. *చంద్రుడిపై వస్తువు భారం, భూమిపై దాని భారంలో $\frac{1}{6}$ వ వంతు ఉంటుంది. ఎందుకు?*

9.5 ఒత్తిడి మరియు పీడనం

ఒంటె ఎడారిలో ఎందుకు సులభంగా పరిగెత్తగలదని మీరు ఎప్పుడైనా ఆలోచించారా? వెయ్యి టన్నుల కంటే ఎక్కువ బరువున్న ఆర్మీ ట్యాంక్ నిరంతర గొలుసుపై ఎందుకు ఉంటుంది? ట్రక్కు లేదా మోటర్ వాహనాలకు ఎందుకు చాలా వెడల్పైన టైర్లు ఉంటాయి? కత్తెర లాంటి సాధనాలు ఎందుకు పదునైన అంచులను కలిగి ఉంటాయి? ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాలు చెప్పడానికి, వాటిలో ఇమిడి ఉన్న దృగ్విషయం అవగాహన చేసుకోవడానికి, ఒక నిర్దిష్ట దిశలో పనిచేసే ఫలిత బలం (ఒత్తిడి) మరియు సంబంధిత వస్తువులో ప్రమాణ వైశాల్యం పై పనిచేసే బలం (పీడనం) భావనలను పరిచయం చేయడం సహాయపడుతుంది.

క్రింది సందర్భాలను పరిగణనలోకి తీసుకోవడం ద్వారా ఒత్తిడి మరియు పీడనం లను అర్థం చేసుకోవడానికి ప్రయత్నిద్దాం.

సందర్భం1: పటం 9.3 లో చూపిన విధంగా బులెటిన్ బోర్డులో మీరు పోస్టర్ ను అతికించాలనుకుంటున్నారు. ఈ పని చేయడానికి మీరు మీ బ్రొటన వేలుతో డ్రాయింగ్ పిన్నులను నొక్కాలి. మీరు పిన్ యొక్క ఉపరితలంపై కొంత బలమును ఉపయోగించండి. ఈ బలం బోర్డు యొక్క ఉపరితల వైశాల్యానికి లంబదిశలో ఉంటుంది. ఈ బలం పిన్ యొక్క కొన వద్ద ఉన్న తక్కువ వైశాల్యంపై పనిచేస్తుంది.



పటం 9.3: పోస్టర్‌ను అతికించేటప్పుడు డ్రాయింగ్ పిన్నులను బోర్డుకి లంబంగా బ్రొటన వేలుతో నొక్కడం.

సందర్భం 2: వదులుగా ఉన్న ఇసుకపై మీరు నిలబడండి. మీ పాదాలు ఇసుకలోకి లోతుగా వెళ్తాయి. ఇప్పుడు, ఇసుక మీద పడుకోండి. మీ శరీరం ఇసుకలో అంత లోతుగా వెళ్ళదని మీరు కనుగొంటారు. రెండు సందర్భాల్లోనూ ఇసుకపై ప్రయోగించే బలం మీ శరీరం యొక్క భారమే.

You have learnt that weight is the force acting vertically downwards. Here the force is acting perpendicular to the surface of the sand. The force acting on an object perpendicular to the surface is called thrust.

When you stand on loose sand, the force, that is, the weight of your body is acting on an area equal to area of your feet. When you lie down, the same force acts on an area equal to the contact area of your whole body, which is larger than the area of your feet. Thus, the effects of forces of the same magnitude on different areas are different. In the above cases, thrust is the same. But effects are different. Therefore the effect of thrust depends on the area on which it acts.

The effect of thrust on sand is larger while standing than while lying. The thrust on unit area is called pressure. Thus,

$$\text{Pressure} = \frac{\text{thrust}}{\text{area}} \qquad (9.20)$$

Substituting the SI unit of thrust and area in Eq. (9.20), we get the SI unit of pressure as N/m^2 or N m^{-2}.

In honour of scientist Blaise Pascal, the SI unit of pressure is called pascal, denoted as Pa.

Let us consider a numerical example to understand the effects of thrust acting on different areas.

Example 9.6 A block of wood is kept on a tabletop. The mass of wooden block is 5 kg and its dimensions are 40 cm × 20 cm × 10 cm. Find the pressure exerted by the wooden block on the table top if it is made to lie on the table top with its sides of dimensions (a) 20 cm × 10 cm and (b) 40 cm × 20 cm.

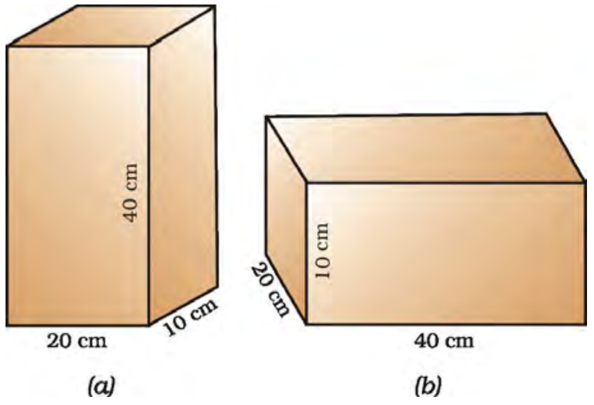


Fig. 9.4

Solution:

The mass of the wooden block = 5 kg

The dimensions

= 40 cm × 20 cm × 10 cm

Here, the weight of the wooden block applies a thrust on the table top.

That is,

$$\text{Thrust} = F = m \times g$$
$$= 5 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}$$
$$= 49 \text{ N}$$

$$\text{Area of a side} = \text{length} \times \text{breadth}$$
$$= 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$$
$$= 200 \text{ cm}^2 = 0.02 \text{ m}^2$$

From Eq. (9.20),

$$\text{Pressure} = \frac{49 \text{ N}}{0.02 \text{ m}^2}$$
$$= 2450 \text{ N m}^{-2}.$$

When the block lies on its side of dimensions 40 cm × 20 cm, it exerts the same thrust.

$$\text{Area} = \text{length} \times \text{breadth}$$
$$= 40 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$
$$= 800 \text{ cm}^2 = 0.08 \text{ m}^2$$

From Eq. (9.20),

$$\text{Pressure} = \frac{49 \text{ N}}{0.08 \text{ m}^2}$$
$$= 612.5 \text{ N m}^{-2}$$

The pressure exerted by the side 20 cm × 10 cm is 2450 N m^{-2} and by the side 40 cm × 20 cm is 612.5 N m^{-2}.

Thus, the same force acting on a smaller area exerts a larger pressure, and a smaller pressure on a larger area. This is the reason why a nail has a pointed tip, knives have sharp edges and buildings have wide foundations.

9.5.1 Pressure in Fluids

All liquids and gases are fluids. A solid exerts pressure on a surface due to its weight. Similarly, fluids have weight, and they also

బరువు అనేది నిలువుగా క్రిందికి పనిచేసే బలం అని మీరు నేర్చుకున్నారు. ఇక్కడ ఇసుక ఉపరితలంపై బలం లంబంగా పనిచేస్తుంది. వస్తువు యొక్క ఉపరితలంపై లంబంగా పనిచేసే బలాన్ని ఒత్తిడి అంటారు.

మీరు వదులుగా ఉన్న ఇసుక మీద నిలబడి ఉన్నప్పుడు, బలం అంటే, మీ పాదాల వైశాల్యానికి సమానమైన ప్రాంతంలో నీ శరీర బరువు పనిచేస్తుంది. మీరు పడుకొని ఉన్నప్పుడు, అదే బలం మీ మొత్తం శరీరం యొక్క స్పర్శ ప్రాంతానికి సమానమైన ప్రదేశంలో పనిచేస్తుంది, ఇది మీ పాదాల వైశాల్యం కంటే ఎక్కువ. అందువల్ల, వివిధ వైశాల్యాలపై ఒకే పరిమాణంలోని బలాల ప్రభావాలు భిన్నంగా ఉంటాయి. పై సందర్భాలలో ఒత్తిడి ఒకే విధంగా ఉంటుంది. కానీ ప్రభావాలు భిన్నంగా ఉంటాయి. అందువలన ఒత్తిడి ప్రభావం అది పనిచేసే వైశాల్యంపై ఆధారపడి ఉంటుంది.

పడుకొని ఉన్నప్పటి కంటే నిలబడి ఉన్నప్పుడు ఇసుకపై ఒత్తిడి ప్రభావం ఎక్కువ. ప్రమాణ వైశాల్యముపై పనిచేసే ఒత్తిడిని పీడనం అంటారు. అంటే

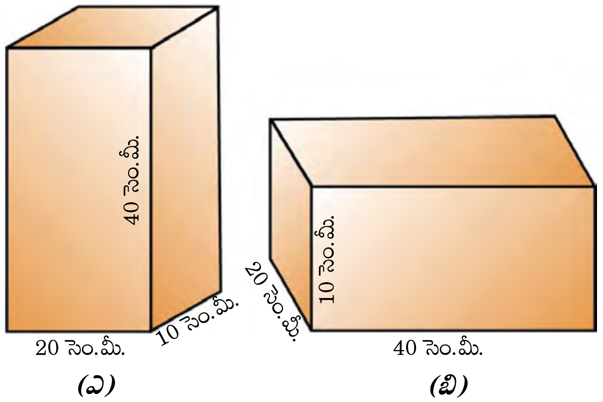
$$\text{పీడనము} = \frac{\text{ఒత్తిడి}}{\text{వైశాల్యం}} \qquad (9.20)$$

ఒత్తిడి, వైశాల్యం యొక్క SI ప్రమాణాలను సమీ.(9.20) లో ప్రతిక్షేపిస్తే, పీడనానికి SI ప్రమాణం న్యూ/మీ^{2} లేక న్యూ.మీ$^{-2}$

శాస్త్రవేత్త బ్లైస్ పాస్కల్ గౌరవార్థం, పీడనం యొక్క SI ప్రమాణాన్ని పాస్కల్ అంటారు, Pa తో సూచిస్తారు.

వివిధ వైశాల్యాలపై పనిచేసే ఒత్తిడి ప్రభావాలను అర్థం చేసుకోవడానికి సంఖ్యాత్మక ఉదాహరణను పరిశీలిద్దాం.

ఉదాహరణ 9.6 ఒక చెక్క దిమ్మె టేబుల్ పై భాగంలో ఉంచబడింది. చెక్క దిమ్మె యొక్క ద్రవ్యరాశి 5 కి.గ్రా. మరియు దాని కొలతలు 40 సె.మీ × 20 సె.మీ × 10 సెం.మీ., టేబుల్ టాప్ పై చెక్క దిమ్మె అడ్డంగా ఉన్నప్పుడు దాని భుజాల కొలతలు (ఎ) 20 సెం.మీ × 10 సెం.మీ మరియు (బి) 40 సెం.మీ × 20 సెం.మీ అయితే టేబుల్ టాప్ పై చెక్క దిమ్మె ప్రయోగించే పీడనాన్ని కనుగొనండి.



పటం 9.4

సాధన:

చెక్క దిమ్మె ద్రవ్యరాశి = 5 కి.గ్రా

కొలతలు

= 40 సె.మీ × 20 సె.మీ × 10 సె.మీ.,

ఇక్కడ, టేబుల్ టాప్ పై చెక్క దిమ్మ యొక్క బరువు ఒత్తిడిని కలగజేస్తుంది. అంటే

ఒత్తిడి $= F = m \times g$

= 5 కి.గ్రా × 9.8 మీ.సె$^{-2}$

= 49 న్యూ

ప్రక్కతల వైశాల్యం = పొడవు × వెడల్పు

= 20 సెం.మీ × 10 సెం.మీ

= 200 సెం.మీ^{2} = 0.02 మీ^{2}

సమీ. (9.20) నుండి

$$\text{పీడనము} = \frac{49 \text{ న్యూ}}{0.02 \text{ మీ}^2}$$

= 2450 న్యూ.మీ$^{-2}$

చెక్క దిమ్మె ప్రక్క కొలతలు 40 సెం.మీ × 20 సెం.మీ. ఉన్నప్పుడు కూడా ఒకే ఒత్తిడిని కలగజేస్తుంది.

వైశాల్యం = పొడవు × వెడల్పు

= 40 సెం.మీ × 20 సెం.మీ

= 800 సెం.మీ^{2} = 0.08.మీ^{2}

సమీ. (9.20) నుండి

$$\text{పీడనము} = \frac{49 \text{ న్యూ}}{0.02 \text{ మీ}^2}$$

= 612.5 న్యూ.మీ$^{-2}$

ప్రక్క కొలతలు 20సెం.మీ. × 10సెం.మీ. ఉన్నప్పుడు 2450 న్యూ.మీ$^{-2}$, అదే ప్రక్క కొలతలు 40సెం.మీ.× 20సెం.మీ. ఉన్నప్పుడు 612.5 న్యూ.మీ$^{-2}$ పీడనం కలగజేస్తోంది.

అందువలన, తక్కువ వైశాల్యంపై పనిచేసే అదే బలం ఎక్కువ పీడనాన్ని, ఎక్కువ వైశాల్యంపై తక్కువ పీడనాన్ని కలిగిస్తుంది. మేకులకు పదునైన మొనలు, కత్తులకు పదునైన అంచులు మరియు భవనాలు విశాలమైన పునాదులు కలిగి ఉండటానికి ఇదే కారణం.

9.5.1 ప్రవాహులలో పీడనం

అన్ని ద్రవాలు, వాయువులు ప్రవాహులు. ఒక ఘనపదార్థం దానికి ఉండే బరువు కారణంగా ఉపరితలంపై పీడనాన్ని కలగజేస్తుంది. అదేవిధంగా ప్రవాహులు బరువు కలిగి ఉంటాయి, అవి కూడా

exert pressure on the base and walls of the container in which they are enclosed. Pressure exerted in any confined mass of fluid is transmitted undiminished in all directions.

9.5.2 BUOYANCY

Have you ever had a swim in a pool and felt lighter? Have you ever drawn water from a well and felt that the bucket of water is heavier when it is out of the water? Have you ever wondered why a ship made of iron and steel does not sink in sea water, but while the same amount of iron and steel in the form of a sheet would sink? These questions can be answered by taking buoyancy in consideration. Let us understand the meaning of buoyancy by doing an activity.

Activity ______________ 9.4

- Take an empty plastic bottle. Close the mouth of the bottle with an airtight stopper. Put it in a bucket filled with water. You see that the bottle floats.
- Push the bottle into the water. You feel an upward push. Try to push it further down. You will find it difficult to push deeper and deeper. This indicates that water exerts a force on the bottle in the upward direction. The upward force exerted by the water goes on increasing as the bottle is pushed deeper till it is completely immersed.
- Now, release the bottle. It bounces back to the surface.
- Does the force due to the gravitational attraction of the earth act on this bottle? If so, why doesn't the bottle stay immersed in water after it is released? How can you immerse the bottle in water?

The force due to the gravitational attraction of the earth acts on the bottle in the downward direction. So the bottle is pulled downwards. But the water exerts an upward force on the bottle. Thus, the bottle is pushed upwards. We have learnt that weight of an object is the force due to gravitational attraction of the earth. When the bottle is immersed, the upward force exerted by the water on the bottle is greater than its weight. Therefore it rises up when released.

To keep the bottle completely immersed, the upward force on the bottle due to water must be balanced. This can be achieved by an externally applied force acting downwards. This force must at least be equal to the difference between the upward force and the weight of the bottle.

The upward force exerted by the water on the bottle is known as upthrust or buoyant force. In fact, all objects experience a force of buoyancy when they are immersed in a fluid. The magnitude of this buoyant force depends on the density of the fluid.

9.5.3 WHY OBJECTS FLOAT OR SINK WHEN PLACED ON THE SURFACE OF WATER?

Let us do the following activities to arrive at an answer for the above question.

Activity ______________ 9.5

- Take a beaker filled with water.
- Take an iron nail and place it on the surface of the water.
- Observe what happens.

The nail sinks. The force due to the gravitational attraction of the earth on the iron nail pulls it downwards. There is an upthrust of water on the nail, which pushes it upwards. But the downward force acting on the nail is greater than the upthrust of water on the nail. So it sinks (Fig. 9.5).

Fig. 9.5: An iron nail sinks and a cork floats when placed on the surface of water.

వాటిని ఉంచబడిన పాత్ర ఆధారం మీద, గోడల మీద పీడనాన్ని కలుగజేస్తాయి. పరిమిత ద్రవ్యరాశి గల ప్రవాహిలో పీడనం అన్ని దిశలలో తగ్గకుండా ప్రసారం చేయబడుతుంది.

9.5.2 ఉత్ప్లవనం

మీరు ఎప్పుడైనా కొలనులో ఈత కొట్టినప్పుడు తేలిగ్గా ఉన్నట్లు భావించారా? మీరు ఎప్పుడైనా బావి నుండి నీటిని బకెట్ తో బయటికి లాగుతున్నప్పుడు, నీటి నుండి బయటికి వచ్చినప్పుడు బరువుగా ఉందని భావించారా? ఇనుము, ఉక్కుతో తయారుచేసిన ఓడ సముద్రపు నీటిలో ఎందుకు మునిగిపోదని, అదే మొత్తంలో ఇనుము, ఉక్కు షీట్ రూపంలో ఉన్నపుడు మునిగిపోతుందని మీరెప్పుడైనా ఆలోచించారా? ఉత్ప్లవనమును పరిగణన లోకి తీసుకోవడం ద్వారా ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానం ఇవ్వవచ్చు. ఒక కృత్యం చేయడం ద్వారా ఉత్ప్లవనం అంటే ఏమిటో అర్థం చేసుకుందాం.

కృత్యం ------------------ 9.4

- ఒక ఖాళీ ప్లాస్టిక్ సీసా తీసుకోండి. గాలి చొరబడని మూత తో బాటిల్ మూతిని మూసివేయండి. దీనిని నీటితో నిండిన బకెట్ లో ఉంచండి.మీరు సీసా తేలడాన్ని గమనిస్తారు..
- సీసాను నీటిలోకి నెట్టండి. ఊర్ధ్వదిశలో నెట్టినట్టు మీకు అనిపిస్తుంది. దీనిని మరింత కిందకి నెట్టడానికి ప్రయత్నించండి.మరింత లోతుగా నెట్టటం మీకు కష్టంగా అనిపిస్తుంది. నీరు ఊర్ధ్వదిశలో సీసాపై బలం ప్రయోగిస్తుందని ఇది సూచిస్తుంది. సీసా లోతుగా, పూర్తిగా మునిగిపోయే వరకు నెట్టే కొలదీ,నీరు ఊర్ధ్వదిశలో సీసాపై ప్రయోగించే బలం పెరుగుతూనే ఉంటుంది.
- ఇప్పుడు సీసాను వదిలివేస్తే అది నీటి ఉపరితలం పైకి తిరిగి వస్తుంది.
- ఈ సీసాపై భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ బలం పనిచేస్తుందా? అలా అయితే, సీసాను వదిలిన తర్వాత అది నీటిలో ఎందుకు మునగలేదు? మీరు సీసాను నీటిలో ఎలా ముంచగలరు?

సీసాపై భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ బలం క్రింద దిశలో పనిచేస్తుంది. కాబట్టి సీసా క్రిందికి లాగబడుతుంది. కానీ నీరు ఊర్ధ్వదిశలో సీసాపై బలాన్ని ప్రయోగిస్తుంది. అందువలన, సీసా ఊర్ధ్వదిశలో నెట్టబడుతుంది. ఒక వస్తువు పై పనిచేసే భూమ్యాకర్షణ బలాన్ని బరువు అంటారని మనం నేర్చుకున్నాము. సీసా మునిగినప్పుడు, నీరు ఊర్ధ్వదిశలో సీసాపై ప్రయోగించే బలం దాని బరువు కంటే ఎక్కువ. కాబట్టి దానిని వదిలినప్పుడు అది పైకి వస్తుంది.

సీసా పూర్తిగా మునికి ఉండాలంటే, నీటి కారణంగా సీసాపై ఊర్ధ్వదిశలో పనిచేసే బలం కచ్చితంగా సమానం కావాలి. క్రిందికి పనిచేసే బాహ్య బలం ద్వారా దీనిని సమకూర్చవచ్చు. ఈ బలం అనేది కనీసం ఊర్ధ్వ దిశ బలం, సీసా బరువుల మధ్య గల వ్యత్యాసానికి సమానంగా ఉండాలి.

సీసాపై ఊర్ధ్వ దిశలో నీరు ప్రయోగించే బలాన్ని ఊర్ధ్వ పీడనం లేక ఉత్ప్లవన బలం అంటారు. వాస్తవానికి, ప్రవాహిలో అన్ని వస్తువులు మునిగినప్పుడూ అవి ఉత్ప్లవన బలానికి గురవుతాయి. ఈ ఉత్ప్లవన బల పరిమాణం ప్రవాహి యొక్క సాంద్రత మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

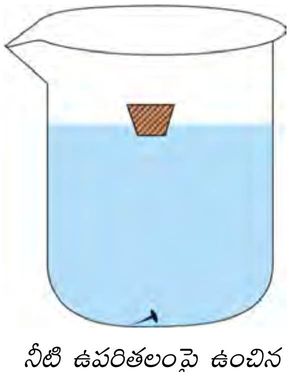
9.5.3 నీటి ఉపరితలంపై ఉంచిన వస్తువులు ఎందుకు తేలుతాయి లేదా మునిగిపోతాయి?

పై ప్రశ్నకు సమాధానాన్ని పొందటానికి క్రింది కృత్యాలను మనం చేద్దాం.

కృత్యం ------------------ 9.5

- నీటితో నిండిన బీకరును తీసుకోండి.
- ఒక ఇనుప మేకును తీసుకొని, దానిని నీటి ఉపరితలంపై ఉంచండి.
- ఏమి జరుగుతుందో గమనించండి.

మేకు మునుగుతుంది. ఇనుప మేకు పై భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ బలం పనిచేసిన కారణంగా అది కిందికి లాగబడుతుంది. మేకుపై నీటి ఊర్ధ్వ పీడనం వలన అది పైకి నెట్టబడుతుంది.కానీ మేకు పై నీరు చూపే ఊర్ధ్వ పీడనం కంటే మేకు పై క్రింద దిశలో పనిచేసే బలం ఎక్కువ.కనుక అది మునిగిపోతుంది(పటం 9.5).



పటం 9.5: *నీటి ఉపరితలంపై ఉంచిన ఇనుపమేకు మునిగిపోవుట, బెండు తేలుట.*

Activity _______________ 9.6

- Take a beaker filled with water.
- Take a piece of cork and an iron nail of equal mass.
- Place them on the surface of water.
- Observe what happens.

The cork floats while the nail sinks. This happens because of the difference in their densities. The density of a substance is defined as the mass per unit volume. The density of cork is less than the density of water. This means that the upthrust of water on the cork is greater than the weight of the cork. So it floats (Fig. 9.5).

The density of an iron nail is more than the density of water. This means that the upthrust of water on the iron nail is less than the weight of the nail. So it sinks.

Therefore objects of density less than that of a liquid float on the liquid. The objects of density greater than that of a liquid sink in the liquid.

Questions

1. *Why is it difficult to hold a school bag having a strap made of a thin and strong string?*
2. *What do you mean by buoyancy?*
3. *Why does an object float or sink when placed on the surface of water?*

9.6 Archimedes' Principle

Activity _______________ 9.7

- Take a piece of stone and tie it to one end of a rubber string or a spring balance.
- Suspend the stone by holding the balance or the string as shown in Fig. 9.6 (a).
- Note the elongation of the string or the reading on the spring balance due to the weight of the stone.
- Now, slowly dip the stone in the water in a container as shown in Fig. 9.6 (b).

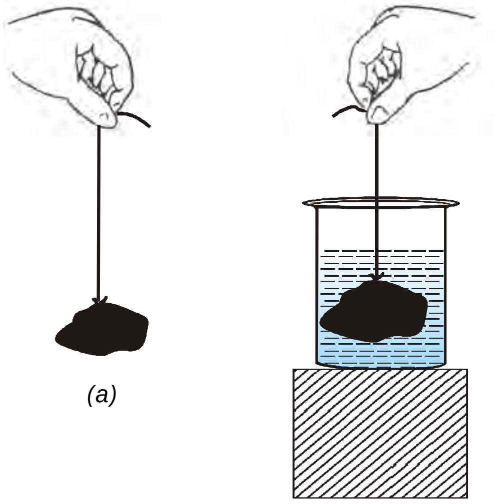


Fig. 9.6: (a) Observe the elongation of the rubber string due to the weight of a piece of stone suspended from it in air. (b) The elongation decreases as the stone is immersed in water.

- Observe what happens to elongation of the string or the reading on the balance.

You will find that the elongation of the string or the reading of the balance decreases as the stone is gradually lowered in the water. However, no further change is observed once the stone gets fully immersed in the water. What do you infer from the decrease in the extension of the string or the reading of the spring balance?

We know that the elongation produced in the string or the spring balance is due to the weight of the stone. Since the extension decreases once the stone is lowered in water, it means that some force acts on the stone in upward direction. As a result, the net force on the string decreases and hence the elongation also decreases. As discussed earlier, this upward force exerted by water is known as the force of buoyancy.

What is the magnitude of the buoyant force experienced by a body? Is it the same in all fluids for a given body? Do all bodies in a given fluid experience the same buoyant force? The answer to these questions is contained in Archimedes' principle, stated as follows:

కృత్యం ------------------ 9.6

- నీటితో నిండిన బీకరు తీసుకోండి.
- ఒకే ద్రవ్యరాశి కలిగిన బెండు ముక్క, ఇనుప మేకులను తీసుకోండి.
- వాటిని నీటి ఉపరితలంపై ఉంచండి.
- ఏమి జరుగుతుందో గమనించండి.

మేకు మునుగుతుంది. కానీ బెండు తేలుతుంది. ఇలా జరగటానికి కారణం రెండింటి మధ్య సాంద్రతల వ్యత్యాసమే. ప్రమాణ ఘన పరిమాణంలోని ద్రవ్యరాశినే పదార్థ సాంద్రతగా నిర్వచిస్తారు. నీటి సాంద్రత కంటే బెండు సాంద్రత తక్కువ. బెండు బరువు కంటే బెండు పై ఊర్ధ్వదిశలో పనిచేసే నీటి ఊర్ధ్వబలం ఎక్కువ అని అర్థం. కనుకనే ఇది తేలుతుంది (పటం 9.5).

నీటి యొక్క సాంద్రత కంటే ఇనుప మేకు సాంద్రత ఎక్కువ. ఇనుప మేకు బరువు కంటే ఇనుప మేకు పై ఊర్ధ్వదిశలో పని చేసే నీటి బలం తక్కువ అని అర్థం. కనుక ఇది మునుగుతుంది.

అందువలన ద్రవం కంటే తక్కువ సాంద్రత కలిగిన వస్తువులు ఆ ద్రవం మీద తేలుతాయి. ద్రవం కంటే ఎక్కువ సాంద్రత కలిగిన వస్తువులు ద్రవంలో మునుగుతాయి.

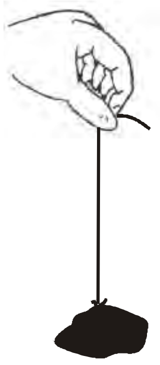
ప్రశ్నలు

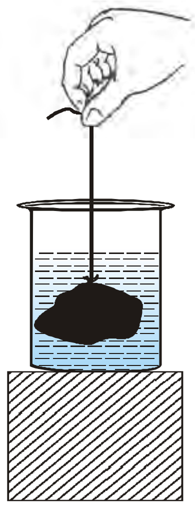
1. *సన్నని, బలమైన తీగతో తయారుచేయబడిన పట్టీగల స్కూలు బ్యాగును పట్టుకోవడం కష్టం ఎందుకు?*
2. *ఉత్ప్లవనం అంటే ఏమిటి?*
3. *నీటి ఉపరితలం పై ఉంచిన వస్తువు తేలుతుందా లేక మునుగుతుందా. ఎందుకు?*

9.6 ఆర్కిమెడీస్ సూత్రం

కృత్యం ------------------ 9.7

- ఒక రాయిని తీసుకొని, దానిని రబ్బర్ తీగ ఒక చివర లేదా స్ప్రింగ్ త్రాసుకు కట్టండి.
- పటం 9.6(ఎ) లో చూపిన విధంగా రాయిని త్రాసు లేక తీగకు వేలాడదీయండి.
- రాయి బరువు వలన తీగ యొక్క పొడవులో సాగుదలను లేదా స్ప్రింగ్ త్రాసు రీడింగును గుర్తించండి.
- ఇప్పుడు నెమ్మదిగా రాయిని పటం 9.6 (బి) లో చూపినట్లు నీరు ఉన్న పాత్రలోకి ముంచండి.


(ఎ)


(బి)

పటం 9.6: *(ఎ) గాలిలో వేలాడదీసిన రాయి బరువు వలన రబ్బరు తీగ పొడవులో సాగుదలను పరిశీలించుట. (బి) రాయిని నీటిలో ముంచడం వలన పొడవులోని సాగుదల తగ్గుట.*

- తీగ పొడవు సాగుదలలో లేదా త్రాసు రీడింగులో ఏమి జరిగిందో గమనించండి.

రాయి నీటిలో మునిగే కొద్దీ, తీగ యొక్క పొడవులోని సాగుదలలో లేదా త్రాసు యొక్క రీడింగ్‌లో తగుదలను మీరు కనుగొంటారు. అయినప్పటికీ ఒకసారి రాయి పూర్తిగా నీటిలో మునిగిన తర్వాత ఎటువంటి మార్పు కనిపించదు.తీగ యొక్క పొడవులో కలిగిన సాగుదల లోని తగ్గుదల లేదా స్ప్రింగ్ త్రాసు రీడింగ్ లో తగ్గుదల నుండి మీరు ఏమి ఊహించారు?

తీగ పొడవులోని సాగుదల లేదా స్ప్రింగ్ త్రాసు రీడింగ్‌లో పెరుగుదలకు కారణం రాయి బరువు అని మనకు తెలుసు. రాయిని నీటిలో ముంచగానే తీగ పొడవు తగ్గిందంటే, రాయిపై కొంత బలం ఊర్ధ్వదిశలో పనిచేస్తుందని అర్థం. ఫలితంగా, నికర బలం తీగపై తగ్గడం వలన తీగలోని సాగుదల కూడా తగ్గుతుంది. ఇంతకుముందు చర్చించినట్లుగా, ఊర్ధ్వదిశలో నీరు కలగజేయబడే బలాన్ని ఉత్ప్లవన బలం అంటారు.

ఉత్ప్లవన ప్రభావిత వస్తువుపై పనిచేసే బల పరిమాణం ఎంత? అన్నీ ప్రవాహులలో వస్తువుపై ఇది ఒకేలా ఉంటుందా? ఇచ్చిన ప్రవాహిలో అన్ని వస్తువులు ఒకే ఉత్ప్లవన బలాన్ని కలిగివుంటాయా? ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానం ఆర్కిమెడిస్ సూత్రం నుండి లభిస్తుంది. ఇది ఈ క్రింది విధంగా పేర్కొనబడింది.

When a body is immersed fully or partially in a fluid, it experiences an upward force that is equal to the weight of the fluid displaced by it.

Now, can you explain why a further decrease in the elongation of the string was not observed in activity 9.7, as the stone was fully immersed in water?

Archimedes was a Greek scientist. He discovered the principle, subsequently named after him, after noticing that the water in a bathtub overflowed when he stepped into it. He ran through the streets shouting "Eureka!", which means "I have got it". This knowledge helped him to determine the purity of the gold in the crown made for the king.

Archimedes

His work in the field of Geometry and Mechanics made him famous. His understanding of levers, pulleys, wheels-and-axle helped the Greek army in its war with Roman army.

Archimedes' principle has many applications. It is used in designing ships and submarines. Lactometers, which are used to determine the purity of a sample of milk and hydrometers used for determining density of liquids, are based on this principle.

Questions

1. *You find your mass to be 42* kg *on a weighing machine. Is your mass more or less than 42* kg*?*
2. *You have a bag of cotton and an iron bar, each indicating a mass of 100* kg *when measured on a weighing machine. In reality, one is heavier than other. Can you say which one is heavier and why?*

What you have learnt

- The law of gravitation states that the force of attraction between any two objects is proportional to the product of their masses and inversely proportional to the square of the distance between them. The law applies to objects anywhere in the universe. Such a law is said to be universal.
- Gravitation is a weak force unless large masses are involved.
- The force of gravity decreases with altitude. It also varies on the surface of the earth, decreasing from poles to the equator.
- The weight of a body is the force with which the earth attracts it.
- The weight is equal to the product of mass and acceleration due to gravity.
- The weight may vary from place to place but the mass stays constant.

ఒక వస్తువును ఒక ప్రవాహిలో పూర్తిగా గాని పాక్షికంగా గాని ముంచినప్పుడు ఆ వస్తువు తొలగించిన ప్రవాహి బరువుకు సమానమైన బలం ఆ వస్తువుపై ఊర్ధ్వ దిశలో పనిచేస్తుంది.

ఇప్పుడు, కృత్యం 9.7 లో రాయి పూర్తిగా నీటిలో మునిగి ఉన్నప్పుడు, తీగ యొక్క పొడవులో మరింత తగ్గుదల ఎందుకు గమనించబడలేదో మీరు వివరించగలరా?

ఆర్కిమెడీస్ గ్రీక్ దేశ శాస్త్రవేత్త. అతను స్నానపు తొట్టిలోకి దిగినప్పుడు అందులో నీరు పొర్లిపోవడం గమనించిన తర్వాత ఈ సూత్రాన్ని కనుగొన్నాడు. తదనంతరం సూత్రానికి అతని పేరు పెట్టడమైంది. అతను 'యురేకా' అంటే 'నేను కనుగొన్నాను' అని అరుస్తూ వీధిలోకి పరిగెత్తాడు, రాజు కోసం తయారు చేయబడిన బంగారు కిరీటంలోని బంగారం యొక్క స్వచ్ఛతను నిర్ధారించడానికి ఈ జ్ఞానం అతనికి సహాయపడింది.

ఆర్కిమెడీస్

గణితం మరియు యాంత్రిక శాస్త్రరంగంలో చేసిన కృషి అతనిని ప్రముఖుడిగా మార్చినది. మీటలు, కప్పీలు, చక్రాలు, ఇరుసులపై ఇతనికి గల అవగాహన గ్రీకులు, రోమనుల మధ్య జరిగిన యుద్ధంలో గ్రీకు సైనికులకు ఎంతగానో పయోగపడింది.

ఆర్కిమెడీస్ సూత్రమునకు అనువర్తనాలు అనేకం. ఇది నౌకలు మరియు జలాంతర్గాముల రూపకల్పనలో ఉపయోగ పడుతుంది. పాల నమూనా యొక్క స్వచ్ఛతను నిర్ణయించడానికి ఉపయోగించే లాక్టోమీటర్లు, ద్రవాల సాంద్రతను నిర్ణయించడానికి ఉపయోగించే హైడ్రోమీటర్లు ఈ సూత్రంపై ఆధారపడి ఉన్నాయి.

ప్రశ్నలు

1. *ఒక బరువు తూచే యంత్రం మీద మీ ద్రవ్యరాశి 42 కి.గ్రా. ఉన్నట్లుగా మీరు గుర్తించారు. మీ ద్రవ్యరాశి 42 కి.గ్రా. కంటే ఎక్కువా లేక తక్కువా?*
2. *మీ దగ్గర ఒక ప్రత్తి సంచి, ఇనుప కడ్డీ ఉన్నాయి, బరువు యంత్రంతో కొలచినప్పుడు ప్రతి ఒక్కటి 100 కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశిని సూచించింది. వాస్తవానికి, ఒకటి మరొకటి కంటే బరువుగా ఉంటుంది. ఏది బరువైనదో, ఎందుకో నీవు చెప్పగలవా?*

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమము ప్రకారం ఏ రెండు వస్తువుల మధ్యనైనా పనిచేసే ఆకర్షణ బలం వాటి ద్రవ్యరాశుల లబ్ధానికి అనులోమానుపాతంలోనూ, వాటి మధ్య దూరం వర్గానికి విలోమానుపాతంలోనూ ఉంటుందని చెబుతుంది. ఈ నియమము విశ్వములో ఎక్కడఉన్నా వస్తువులకైనా వర్తిస్తుంది. కనుక ఇది సార్వత్రిక నియమము.
- పెద్ద ద్రవ్యరాశుల ప్రమేయం లేకపోతే గురుత్వాకర్షణ బలము బలహీనమైనది.
- ఎత్తుతో గురుత్వాకర్షణ బలం తగ్గుతుంది. ఇది భూమిపై ప్రదేశాన్ని బట్టి మారుతూ ఉంటుంది. ధ్రువాల నుండి భూమధ్యరేఖ వైపుకు వెళ్ళే కొలదీ తగ్గుతుంది.
- వస్తువు భారం అనేది దానిపై పని చేసే భూమ్యాకర్షణ బలం.
- భారం అనేది ద్రవ్యరాశి మరియు గురుత్వ త్వరణాల లబ్ధానికి సమానం.
- ప్రదేశాన్ని బట్టి వస్తు భారం మారవచ్చు, కానీ ద్రవ్యరాశి స్థిరంగా ఉంటుంది.

- All objects experience a force of buoyancy when they are immersed in a fluid.
- Objects having density less than that of the liquid in which they are immersed, float on the surface of the liquid. If the density of the object is more than the density of the liquid in which it is immersed then it sinks in the liquid.

Exercises

1. How does the force of gravitation between two objects change when the distance between them is reduced to half ?
2. Gravitational force acts on all objects in proportion to their masses. Why then, a heavy object does not fall faster than a light object?
3. What is the magnitude of the gravitational force between the earth and a 1 kg object on its surface? (Mass of the earth is 6×10^{24} kg and radius of the earth is 6.4×10^{6} m.)
4. The earth and the moon are attracted to each other by gravitational force. Does the earth attract the moon with a force that is greater or smaller or the same as the force with which the moon attracts the earth? Why?
5. If the moon attracts the earth, why does the earth not move towards the moon?
6. What happens to the force between two objects, if
   (i) the mass of one object is doubled?
   (ii) the distance between the objects is doubled and tripled?
   (iii) the masses of both objects are doubled?
7. What is the importance of universal law of gravitation?
8. What is the acceleration of free fall?
9. What do we call the gravitational force between the earth and an object?
10. Amit buys few grams of gold at the poles as per the instruction of one of his friends. He hands over the same when he meets him at the equator. Will the friend agree with the weight of gold bought? If not, why? [*Hint*: The value of *g* is greater at the poles than at the equator.]
11. Why will a sheet of paper fall slower than one that is crumpled into a ball?
12. Gravitational force on the surface of the moon is only $\frac{1}{6}$ as strong as gravitational force on the earth. What is the weight in newtons of a 10 kg object on the moon and on the earth?

- అన్ని వస్తువులు ద్రవంలో మునిగి ఉన్నప్పుడు ఉత్ప్లవన బలాన్ని పొందుతాయి.
- ఒక ద్రవములో ఉంచబడిన ఏదైనా వస్తువు యొక్క సాంద్రత, ద్రవం సాంద్రత కన్నా తక్కువ ఉన్నప్పుడు అది ఆ ద్రవం ఉపరితలంపై తేలుతుంది. ద్రవములో ఉంచబడిన ఏదైనా వస్తువు యొక్క సాంద్రత ద్రవసాంద్రత కన్నా ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడు అది ఆ ద్రవంలో మునుగుతుంది.

అభ్యాసాలు

1. రెండు వస్తువుల మధ్య దూరం సగానికి తగ్గించినప్పుడు, వాటి మధ్య గురుత్వాకర్షణ బలం ఎలా మారుతుంది?
2. గురుత్వాకర్షణ బలం అన్ని వస్తువులపై వాటి ద్రవ్యరాశులకు అనులోమానుపాతంలో పనిచేస్తుంది. అయితే తేలికపాటి వస్తువుకంటే బరువైన వస్తువు త్వరగా ఎందుకు కిందకు పడదు?
3. భూమికి, దాని ఉపరితలంపై ఉన్న 1 కి.గ్రా వస్తువుకు మధ్య ఉండే గురుత్వాకర్షణ బల పరిమాణం ఎంత? (భూమి ద్రవ్యరాశి 6.4×10^{24} కి.గ్రా., భూ వ్యాసార్థం 6.4×10^{6} మీ.)
4. భూమ్యాకర్షణ బలం వల్ల భూమి, చంద్రుడు ఒకదానికొకటి ఆకర్షించుకుంటూ ఉంటాయి. చంద్రుడు భూమిని ఆకర్షించే బల పరిమాణంతో పోలిస్తే భూమి, చంద్రుని భూమి ఆకర్షించే బలం ఎక్కువా? తక్కువా? లేక సమానమా? ఎందుకు?
5. చంద్రుడు భూమిని ఆకర్షిస్తే, చంద్రుని వైపు భూమి ఎందుకు కదలదు?
6. రెండు వస్తువుల మధ్య బలం క్రింది సందర్భాలలో ఏమవుతుంది?
   (i) ఒక వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి రెట్టింపు అయినపుడు?
   (ii) రెండు వస్తువుల మధ్య దూరం రెండు రెట్లు మరియు మూడు రెట్లు అయినపుడు?
   (iii) రెండు వస్తువుల ద్రవ్యరాశులు రెట్టింపు అయినపుడు?
7. విశ్వ గురుత్వాకర్షణ నియమం యొక్క ప్రాముఖ్యత ఏమిటి?
8. స్వేచ్ఛా పతన వస్తువులో కలిగే త్వరణం ఏది?
9. భూమికి, వస్తువుకి మధ్య ఉన్న గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని మనం ఏమని పిలుస్తాము?
10. అమిత్ అతని స్నేహితులలో ఒకరి సూచన మేరకు ధ్రువాల వద్ద కొన్ని గ్రాముల బంగారాన్ని కొనుగోలు చేశాడు. అతనిని భూమధ్యరేఖ వద్ద కలిసినప్పుడు అతడు దానిని అందజేశాడు. కొన్న బంగారం బరువుని అతని స్నేహితుడు అంగీకరిస్తాడా? లేకపోతే ఎందుకు? (సూచన: భూమధ్యరేఖ వద్ద కంటే ధ్రువాల వద్ద g విలువ ఎక్కువ)
11. పేపరును నలిపి బంతిగా మారినప్పుడు కంటే పేపర్‌గా ఉన్నప్పుడు ఎందుకు నెమ్మదిగా పడుతుంది?
12. చంద్రుని ఉపరితలంపై ఉండే గురుత్వాకర్షణ బలము, భూమిపై ఉన్న గురుత్వాకర్షణ బలములో $\frac{1}{6}$ మాత్రమే ఉంటుంది. 10 కి.గ్రా వస్తువు భూమిపై మరియు చంద్రుని పైన ఉంటే దాని భారం న్యూటన్లలో ఎంత?

13. A ball is thrown vertically upwards with a velocity of 49 m/s. Calculate
    (i) the maximum height to which it rises,
    (ii) the total time it takes to return to the surface of the earth.
14. A stone is released from the top of a tower of height 19.6 m. Calculate its final velocity just before touching the ground.
15. A stone is thrown vertically upward with an initial velocity of 40 m/s. Taking g = 10 m/s^2, find the maximum height reached by the stone. What is the net displacement and the total distance covered by the stone?
16. Calculate the force of gravitation between the earth and the Sun, given that the mass of the earth = 6×10^{24} kg and of the Sun = 2×10^{30} kg. The average distance between the two is 1.5×10^{11} m.
17. A stone is allowed to fall from the top of a tower 100 m high and at the same time another stone is projected vertically upwards from the ground with a velocity of 25 m/s. Calculate when and where the two stones will meet.
18. A ball thrown up vertically returns to the thrower after 6 s. Find
    (a) the velocity with which it was thrown up,
    (b) the maximum height it reaches, and
    (c) its position after 4 s.
19. In what direction does the buoyant force on an object immersed in a liquid act?
20. Why does a block of plastic released under water come up to the surface of water?
21. The volume of 50 g of a substance is 20 cm^3. If the density of water is 1 g cm^{-3}, will the substance float or sink?
22. The volume of a 500 g sealed packet is 350 cm^3. Will the packet float or sink in water if the density of water is 1 g cm^{-3}? What will be the mass of the water displaced by this packet?

13. 49 మీ.సె.$^{-1}$ వేగంతో ఒక రాయి నిట్ట నిలువుగా పైకి విసిరి వేయబడినది. అయితే

(i) అది చేరుకునే గరిష్ట ఎత్తును,

(ii) భూ ఉపరితలం పైకి తిరిగి రావడానికి పట్టే మొత్తం కాలములను లెక్కించండి.

14. 19.6 మీ ఎత్తు ఉన్న టవర్ పై నుండి ఒక రాయి వదలబడినది. భూమిని చేరే ముందు రాయికి ఉండే తుదివేగాన్ని లెక్కించండి.

15. 40 మీ.సె.$^{-1}$ తొలి వేగంతో ఒక రాయి నిట్ట నిలువుగా పైకి విసిరి వేయబడింది. $g = 10$ మీ.సె.$^{-2}$ గా తీసుకొని, రాయి చేరుకునే గరిష్ట ఎత్తును కనుగొనండి. రాయి పొందిన నికర స్థానభ్రంశము మరియు మొత్తం దూరము ఎంత?

16. భూమి మరియు సూర్యుని మధ్య గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని లెక్కించండి, భూమి ద్రవ్యరాశి = 6×10^{24} కి.గ్రా మరియు సూర్యుని ద్రవ్యరాశి = 2×10^{30} కి.గ్రా. ఈ రెండింటి మధ్య సరాసరి దూరము 1.5×10^{11} మీ.

17. 100 మీటర్ల ఎత్తులో గల టవర్ పై నుండి ఒక రాయి పడుతుంది. అదే సమయంలో మరొక రాయి 25 మీ.సె.$^{-1}$ వేగంతో భూమి నుండి నిలువుగా పైకి విసరబడినది. రెండు రాళ్లు ఎప్పుడు, ఎక్కడ కలుసుకుంటాయో లెక్కించండి.

18. నిలువుగా పైకి విసిరిన బంతి 6 సె. తర్వాత విసిరిన వ్యక్తికి తిరిగి చేరింది.

(i) ఎంత వేగంతో దానిని పైకి విసిరారు

(ii) అది చేరుకునే గరిష్ట ఎత్తు మరియు

(iii) 4 సె. తర్వాత దాని స్థానం కనుగొనండి

19. ద్రవంలో మునిగిన వస్తువుపై ఉత్ప్లవన బలం ఏ దిశలో పనిచేస్తుంది?

20. నీటి అడుగు బాగాన వదిలిన ప్లాస్టిక్ దిమ్మె ఎందుకు నీటి ఉపరితలానికి వస్తుంది?

21. 50 గ్రా. పదార్థం యొక్క ఘనపరిమాణం 20 సెం.మీ^{3}. నీటి సాంద్రత 1 గ్రా.సెం.మీ$^{-3}$ అయితే ఆ పదార్థం నీటిలో తేలుతుందా లేదా మునుగుతుందా?

22. 500 గ్రా. సీల్డ్ ప్యాకెట్ ఘనపరిమాణం 350 సెం.మీ^{3}. నీటి సాంద్రత 1 గ్రా. సెం.మీ$^{-3}$ అయితే ప్యాకెట్ నీటిలో తేలుతుందా లేదా మునుగుతుందా? ప్యాకెట్ చేత తొలగించబడిన నీటి ద్రవ్యరాశి ఎంత?

Chapter 10

Work and Energy

In the previous few chapters we have talked about ways of describing the motion of objects, the cause of motion and gravitation. Another concept that helps us understand and interpret many natural phenomena is 'work'. Closely related to work are energy and power. In this chapter we shall study these concepts.

All living beings need food. Living beings have to perform several basic activities to survive. We call such activities 'life processes'. The energy for these processes comes from food. We need energy for other activities like playing, singing, reading, writing, thinking, jumping, cycling and running. Activities that are strenuous require more energy.

Animals too get engaged in activities. For example, they may jump and run. They have to fight, move away from enemies, find food or find a safe place to live. Also, we engage some animals to lift weights, carry loads, pull carts or plough fields. All such activities require energy.

Think of machines. List the machines that you have come across. What do they need for their working? Why do some engines require fuel like petrol and diesel? Why do living beings and machines need energy?

10.1 Work

What is work? There is a difference in the way we use the term 'work' in day-to-day life and the way we use it in science. To make this point clear let us consider a few examples.

10.1.1 Not much 'work' in spite of working hard!

Kamali is preparing for examinations. She spends lot of time in studies. She reads books, draws diagrams, organises her thoughts, collects question papers, attends classes, discusses problems with her friends, and performs experiments. She expends a lot of energy on these activities. In common parlance, she is 'working hard'. All this 'hard work' may involve very little 'work' if we go by the scientific definition of work.

You are working hard to push a huge rock. Let us say the rock does not move despite all the effort. You get completely exhausted. However, you have not done any work on the rock as there is no displacement of the rock.

You stand still for a few minutes with a heavy load on your head. You get tired. You have exerted yourself and have spent quite a bit of your energy. Are you doing work on the load? The way we understand the term 'work' in science, work is not done.

You climb up the steps of a staircase and reach the second floor of a building just to see the landscape from there. You may even climb up a tall tree. If we apply the scientific definition, these activities involve a lot of work.

In day-to-day life, we consider any useful physical or mental labour as work. Activities like playing in a field, talking with friends, humming a tune, watching a movie, attending a function are sometimes not considered to be work. What constitutes 'work' depends on the way we define it. We use and define the term work differently in science. To understand this let us do the following activities:

Activity ______________ *10.1*

- We have discussed in the above paragraphs a number of activities which we normally consider to be work

అధ్యాయం 10

E7V2H1

పని మరియు శక్తి

క్రిందటి కొన్ని అధ్యాయాలలో వస్తువుల గమనాన్ని వివిధ రకాలుగా వివరించడం, గమనానికి గల కారణాలను మరియు గురుత్వాకర్షణ గురించి మనం తెలుసుకున్నాము. అనేక సహజ స్వభావాలను అర్థం చేసుకోవడానికి మనకు సహాయపడే మరొక సహజ దృగ్విషయమే "పని". శక్తి మరియు సామర్థ్యం అనేవి పనికి సంబంధం కలిగిన భావనలు. ఈ అధ్యాయంలో పై భావనల గురించి వివరంగా తెలుసుకుందాం.

అన్ని జీవరాశులకు ఆహారం అవసరం. జీవులు బ్రతకడానికి అనేక ప్రాథమిక కార్యకలాపాలు చేయవలసి ఉంటుంది. అలాంటి కృత్యాలను "జీవ ప్రక్రియలు" అంటాం. ఈ ప్రక్రియలకు కావలసిన శక్తి, ఆహారం నుండి లభిస్తుంది. ఆడటం, పాడటం, చదవడం, రాయడం. ఆలోచించడం, దూకడం, సైకిల్ తొక్కడం, పరిగెత్తడం వంటి ఇతర కృత్యాలకు శక్తి అవసరం. శ్రమతో కూడిన కృత్యాలకు ఎక్కువ శక్తి అవసరం.

జంతువులు కూడా కొన్ని కృత్యాలలో నిమగ్నమై ఉంటాయి. ఉదాహరణకు దూకడం, పరిగెత్తడం. ఆహారం కోసం వెతుకులాట లేదా ఆవాసం కొరకు సురక్షితమైన ప్రదేశం వెతకడం, పోరాటం చేయడం, శత్రువుల నుండి తప్పించు కోవడం వంటి పనులకి శక్తి అవసరం. అలాగే కొన్ని జంతువులను బరువులు ఎత్తడానికి, మోయడానికి, బండ్లు లాగడానికి, పొలాలు దున్నడానికి మనం ఉపయోగిస్తాం. ఈ పనులన్నింటికీ కూడా శక్తి అవసరం.

యంత్రాలను గురించి ఆలోచించండి. మీరు చూసిన యంత్రాల జాబితా తయారుచేయండి. పని చేయడానికి వాటికి ఏమి కావాలి? కొన్ని ఇంజన్లకు పెట్రోలు, డీజిల్ వంటి ఇంధనాలు ఎందుకు అవసరం? జీవులకు, యంత్రాలకు శక్తి ఎందుకు అవసరం?

10.1 పని

పని అంటే ఏమిటి? మనం దైనందిన జీవితంలో "పని" అనే పదాన్ని ఉపయోగించే విధానానికి మరియు విజ్ఞాన శాస్త్ర పరంగా వాడే విధానానికి తేడా ఉంది. ఈ విషయాన్ని స్పష్టంగా అర్థంచేసుకోవడానికి కొన్ని ఉదాహరణలను పరిశీలిద్దాం.

10.1.1 కష్టపడి పని చేసినప్పటికీ ఎక్కువ 'పని' జరగలేదు !

కమలి పరీక్షలకు సిద్ధమౌతోంది. ఆమె ఎక్కువ సమయం చదవడానికి కేటాయిస్తుంది. ఆమె పుస్తకాలు చదువుతుంది, బొమ్మలు గీస్తుంది, వివిధ ఆలోచనలను క్రమబద్ధీకరిస్తుంది, వివిధ ప్రశ్నాపత్రాలను సేకరిస్తుంది, తరగతులకు హాజరవుతుంది, స్నేహితులతో వివిధ సమస్యల గురించి చర్చిస్తుంది మరియు ప్రయోగాలు చేస్తుంది. ఆమె ఈ కృత్యాలలో ఎక్కువ శక్తిని వినియోగిస్తుంది. సాధారణ పరిభాషలో కమలి కష్టపడి పనిచేస్తుంది అంటాం. కానీ శాస్త్రీయ నిర్వచనం ప్రకారం చూస్తే ఈ కష్టమైన 'పని' చాలా తక్కువ 'పని' లా అనిపిస్తుంది.

మీరు ఒక పెద్ద బండరాయిని నెట్టడానికి కష్టపడాల్సి ఉంటుంది. మీరెంత కృషిచేసినా బండరాయిని కదిలించలేరని అనుకుందాం. మీరు శక్తిని కోల్పోయి అలసిపోతారు. ఏది ఏమైనప్పటికి మీరు బండరాయిని కదిలించడంలో ఎలాంటి పని చేయలేదు.

మీరు కొన్ని నిమిషాలపాటు మీ తలపై అధిక బరువుతో కదలకుండా నిశ్చలంగా నిలబడండి. అప్పుడు మీరు అలసిపోతారు. మీకు మీరుగా శక్తిని ఉపయోగించారు. మీ శక్తిని కొంత ఖర్చుచేశారు. బరువు మీద మీరు పనిచేస్తున్నారా? విజ్ఞానశాస్త్ర పరంగా పని అనే పదానికి మనం అర్థం చేసుకున్న విధంగా ఇక్కడ పని జరగలేదు.

ప్రకృతి దృశ్యాన్ని చూడడానికి మెట్లు ఎక్కి భవనం యొక్క రెండవ అంతస్తుకు చేరుకున్నారు. మీరు పొడవైన చెట్టును కూడా ఎక్కవచ్చు. ఈ కృత్యాలు నిర్వహించడంలో మనం శాస్త్రీయ నిర్వచనాన్ని అనుసరిస్తే చాలా పని ఇమిడి ఉంది.

నిత్యజీవితంలో మనకు ఉపయోగపడే శారీరక లేదా మానసిక శ్రమలను పనిగా పరిగణిస్తాం. మైదానంలో ఆడుకోవడం, స్నేహితులతో మాట్లాడడం, కూనిరాగాలు తీయడం, సినిమా చూడడం, వేడుకల్లో పాల్గొనడం వంటి కార్యకలాపాలు కొన్నిసార్లు పనిగా పరిగణించబడవు. పని అనేది మనం నిర్వహించే విధానంపై ఆధారపడి ఉంటుంది. దైనందిన జీవితంలోని 'పని' భావనను నిర్వచించడం, ఉపయోగించడంలో శాస్త్రీయపరమైన భేదాలుంటాయి. దీన్ని అర్థం చేసుకోవడానికి క్రింది కృత్యాలు చేద్దాం.

కృత్యం ------------------ 10.1

- మనం సాధారణంగా పనిగా భావించే అనేక కార్యకలాపాల పైన చర్చించాం. వీటిలో ప్రతి ఒక్క

in day-to-day life. For each of these activities, ask the following questions and answer them:

(i) What is the work being done on?
(ii) What is happening to the object?
(iii) Who (what) is doing the work?

10.1.2 Scientific conception of work

To understand the way we view work and define work from the point of view of science, let us consider some situations:

Push a pebble lying on a surface. The pebble moves through a distance. You exerted a force on the pebble and the pebble got displaced. In this situation work is done.

A girl pulls a trolley and the trolley moves through a distance. The girl has exerted a force on the trolley and it is displaced. Therefore, work is done.

Lift a book through a height. To do this you must apply a force. The book rises up. There is a force applied on the book and the book has moved. Hence, work is done.

A closer look at the above situations reveals that two conditions need to be satisfied for work to be done: (i) a force should act on an object, and (ii) the object must be displaced.

If any one of the above conditions does not exist, work is not done. This is the way we view work in science.

A bullock is pulling a cart. The cart moves. There is a force on the cart and the cart has moved. Do you think that work is done in this situation?

Activity 10.2

- Think of some situations from your daily life involving work.
- List them.
- Discuss with your friends whether work is being done in each situation.
- Try to reason out your response.
- If work is done, which is the force acting on the object?
- What is the object on which the work is done?
- What happens to the object on which work is done?

Activity 10.3

- Think of situations when the object is not displaced in spite of a force acting on it.
- Also think of situations when an object gets displaced in the absence of a force acting on it.
- List all the situations that you can think of for each.
- Discuss with your friends whether work is done in these situations.

10.1.3 Work done by a constant force

How is work defined in science? To understand this, we shall first consider the case when the force is acting in the direction of displacement.

Let a constant force, F act on an object. Let the object be displaced through a distance, s in the direction of the force (Fig. 10.1). Let W be the work done. We define work to be equal to the product of the force and displacement.

Work done = force × displacement

$$W = F s \quad (10.1)$$

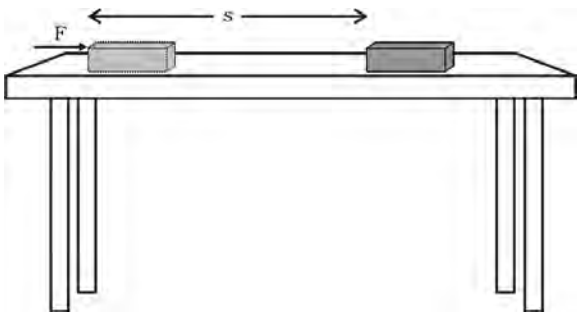


Fig. 10.1

Thus, work done by a force acting on an object is equal to the magnitude of the force multiplied by the distance moved in the direction of the force. Work has only magnitude and no direction.

In Eq. (10.1), if F = 1 N and s = 1 m then the work done by the force will be 1 N m. Here the unit of work is newton metre (N m) or joule (J). Thus 1 J is the amount of work

కృత్యాల గురించి క్రింది ప్రశ్నలు వేసుకొని సమాధానం ఇవ్వండి.

(1) పని దేనిపై జరుగుతుంది?

(2) వస్తువుకు ఏమి జరుగుతోంది?

(3) ఎవరు (ఏమి) పని చేస్తున్నారు?

10.1.2 పనికి శాస్త్రీయపరమైన అర్థం

పనిని శాస్త్రీయంగా నిర్వచించడం కోసం, అవగాహన మరియు గమనించడం కోసం కొన్ని సందర్భాలను పరిశీలిద్దాం.

ఒక తలంపైనున్న గులకరాయిని నెట్టండి. గులకరాయి కొంత దూరం కదులుతుంది. మీరు గులకరాయిపై బలాన్ని ప్రయోగించారు. అది స్థానభ్రంశం చెందింది. ఈ సందర్భంలో పని జరిగింది.

ఒక అమ్మాయి ట్రాలీని లాగినప్పుడు అది కొంత దూరం కదిలింది. ఆ అమ్మాయి ట్రాలీపై బలాన్ని ప్రయోగించడం వలన ట్రాలీ స్థానభ్రంశం చెందింది. అందువలన పని జరిగింది.

ఒక పుస్తకాన్ని పైకి ఎత్తాలంటే మీరు తప్పనిసరిగా బలాన్ని ప్రయోగించాలి. పుస్తకం పైకి ఎత్తినప్పుడు పుస్తకంపై బలం ప్రయోగించడంవల్ల పుస్తకం కదిలింది. అందువలన పని జరిగింది.

పై సందర్భాలను నిశితంగా పరిశీలిస్తే పని జరగడానికి రెండు షరతులను సంతృప్తి పరచాల్సిన అవసరం ఉందని తెలుస్తుంది. (i) వస్తువుపై ఏదైనా బలం పని చేయాలి మరియు (ii) ఆ వస్తువు ఖచ్చితంగా స్థానంభ్రంశం చెందాలి.

పైన పేర్కొన్న షరతులలో ఏ ఒక్కటి లేకున్నా పని జరగదు. ఇది శాస్త్రీయంగా పనిని చూసే విధానం.

ఒక ఎద్దు బండిని లాగుతుంటే, బండిపై బలం ప్రయోగించబడి బండి కదులుతుంది. ఈ సందర్భంలో పని జరిగిందని మీరు అనుకుంటున్నారా?

కృత్యం ------------------ 10.2

- మీ రోజువారి జీవితంలో పనితో కూడిన కొన్ని సందర్భాలను గూర్చి ఆలోచించండి.
- ఒక జాబితా తయారు చేయండి.
- ప్రతి సందర్భంలో పని జరుగుతుందో లేదో మీ స్నేహితులతో చర్చించండి.
- మీ ప్రతిస్పందనలకు కారణాలను తెలపండి.
- పని పూర్తయితే వస్తువుపై ప్రయోగించే బలం ఏది?
- ఏ వస్తువుపై పని జరిగింది?
- పని జరిగినప్పుడు వస్తువుకు ఏమౌతుంది?

కృత్యం ------------------ 10.3

- వస్తువుపై బలం ప్రయోగించినప్పటికీ స్థానభ్రంశం చెందని సందర్భాల గురించి ఆలోచించండి.
- ఒక వస్తువుపై బలం ప్రయోగించకపోయినా స్థానభ్రంశం చెందిన సందర్భాల గురించి ఆలోచించండి.
- మీరు ఆలోచించిన అన్ని సందర్భాల గురించి జాబితా తయారుచేయండి.
- ఈ సందర్భాలలో పని జరిగిందా అని మీ స్నేహితులతో చర్చించండి.

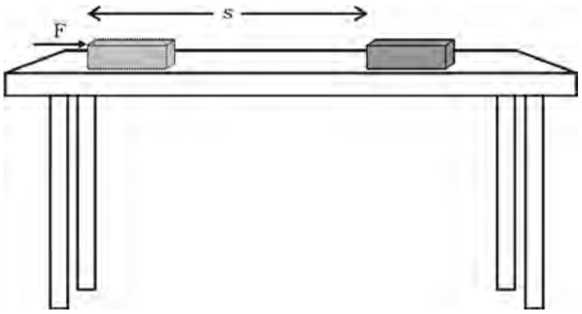
10.1.3 స్థిరమైన బలం ద్వారా జరిగిన పని:

విజ్ఞాన శాస్త్రంలో పనిని ఎలా నిర్వచించారు? దీనిని అర్థం చేసుకోవడానికి, మనం మొదటగా స్థానభ్రంశ దిశలోనే బల దిశ ఉన్న సందర్భాన్ని పరిశీలిద్దాం.

ఒక వస్తువుపై ఒక స్థిర బలం F పనిచేసి ఆ వస్తువును బలం ప్రయోగించబడిన దిశలో కొంత స్థానభ్రంశం (దూరం) s చెందిందని భావిద్దాం. (పటం 10.1) జరిగిన పని W అనుకుందాం. ఇప్పుడు మనం పనిని బలం మరియు స్థానభ్రంశముల లబ్ధంగా నిర్వచిస్తాం.

పని = బలం × స్థానభ్రంశం

$$W = Fs \qquad (10.1)$$



పటం 10.1

ఈ విధంగా ఒక వస్తువుపై బలం చేసిన పని, బలం పరిమాణం మరియు బల ప్రయోగ దిశలో వస్తువు ప్రయాణించిన దూరాల లబ్ధానికి సమానం. పనికి పరిమాణం మాత్రమే ఉంది. దిశ లేదు.

సమీకరణం (10.1) లో F = 1 న్యూటన్, s = 1 మీటర్ అయితే అప్పుడు జరిగిన పని ఒక న్యూటన్-మీటర్ అవుతుంది. పనికి న్యూటన్-మీటర్ (Nm) లేదా ఒక జౌల్(J)ను ప్రమాణంగా వాడుతారు. అంటే ఒక వస్తువుపై 1 న్యూటన్

done on an object when a force of 1 N displaces it by 1 m along the line of action of the force.

Look at Eq. (10.1) carefully. What is the work done when the force on the object is zero? What would be the work done when the displacement of the object is zero? Refer to the conditions that are to be satisfied to say that work is done.

Example 10.1 A force of 5 N is acting on an object. The object is displaced through 2 m in the direction of the force (Fig. 10.2). If the force acts on the object all through the displacement, then work done is 5 N × 2 m =10 N m or 10 J.

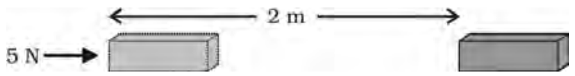


Fig. 10.2

Question

1. *A force of 7 N acts on an object. The displacement is, say 8 m, in the direction of the force (Fig. 10.3). Let us take it that the force acts on the object through the displacement. What is the work done in this case?*

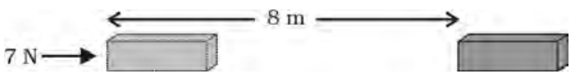


Fig. 10.3

Consider another situation in which the force and the displacement are in the same direction: a baby pulling a toy car parallel to the ground, as shown in Fig. 10.4. The baby has exerted a force in the direction of displacement of the car. In this situation, the work done will be equal to the product of the force and displacement. In such situations, the work done by the force is taken as positive.

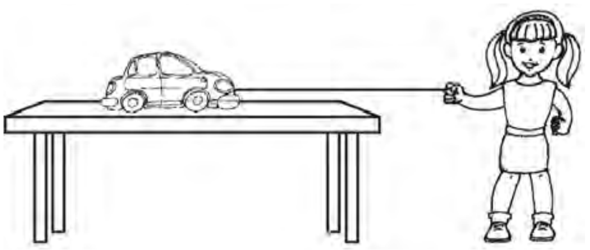


Fig. 10.4

Consider a situation in which an object is moving with a uniform velocity along a particular direction. Now a retarding force, F, is applied in the opposite direction. That is, the angle between the two directions is 180°. Let the object stop after a displacement *s*. In such a situation, the work done by the force, *F* is taken as negative and denoted by the minus sign. The work done by the force is $F \times (-s)$ or $(-F \times s)$.

It is clear from the above discussion that the work done by a force can be either positive or negative. To understand this, let us do the following activity:

Activity 10.4

- Lift an object up. Work is done by the force exerted by you on the object. The object moves upwards. The force you exerted is in the direction of displacement. However, there is the force of gravity acting on the object.
- Which one of these forces is doing positive work?
- Which one is doing negative work?
- Give reasons.

Work done is negative when the force acts opposite to the direction of displacement. Work done is positive when the force is in the direction of displacement.

Example 10.2 A porter lifts a luggage of 15 kg from the ground and puts it on his head 1.5 m above the ground. Calculate the work done by him on the luggage.

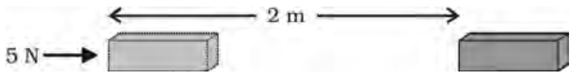
Solution:

Mass of luggage, m = 15 kg and displacement, s = 1.5 m.

బలం పనిచేసి, ఆ వస్తువును బల ప్రయోగ దిశలో ఒక మీటరు దూరం కదిలిస్తే అప్పుడు ఒక జౌల్ పని జరిగింది అంటాం.

సమీకరణం (10.1)ను నిశితంగా పరిశీలించండి. వస్తువుపై ప్రయోగించబడిన బలం శూన్యం అయితే అప్పుడు ఎంత పని జరిగినట్లు? వస్తువు స్థానభ్రంశం శూన్యమైనప్పుడు ఎంత పని జరిగినట్లు? పని జరిగింది అనడానికి షరతులను పరిశీలించండి.

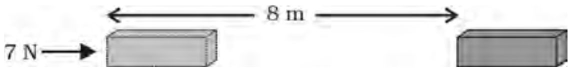
ఉదాహరణ 10.1 వస్తువుపై 5న్యూటన్ల బలం పనిచేస్తుంది, ఆ వస్తువు బల ప్రయోగ దిశలో 2 మీటర్ల దూరం స్థానభ్రంశం చెందింది. (పటం 10.2) స్థానభ్రంశం వెంట బలం ప్రయోగించబడితే, అప్పుడు జరిగిన పని 5 న్యూటన్ × 2 మీటర్లు = 10 న్యూటన్-మీటర్ లేదా 10 జౌల్.



పటం 10.2

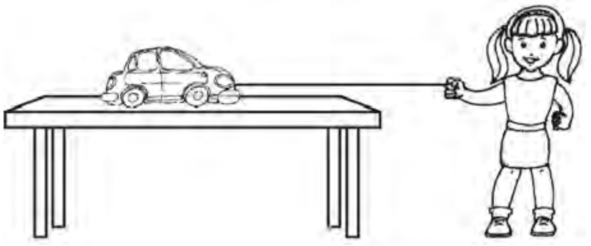
ప్రశ్న

1) ఒక వస్తువుపై 7న్యూటన్ల బలాన్ని ప్రయోగిస్తే ఆ వస్తువు బల ప్రయోగ దిశలో 8 మీటర్ల స్థానభ్రంశం చెందిందని అనుకుందాం. (పటం 10.3) స్థానభ్రంశం అంతట బలం ప్రయోగించబడితే జరిగిన పని ఎంత?



పటం 10.3

బలం మరియు స్థానభ్రంశం ఒకే దిశలో ఉన్న మరొక సందర్భాన్ని పరిగణిద్దాం. పటం 10.4 లో చూపిన విధంగా ఒక పాప భూమికి సమాంతరంగా ఒక బొమ్మ కారును లాగుతుంది. పాప కారు కదిలే దిశలో బలాన్ని ప్రయోగించింది. ఈ సందర్భంలో బలం మరియు స్థానభ్రంశం యొక్క లబ్ధం జరిగిన పనికి సమానం. ఇలాంటి సందర్భాలలో బలం చేసిన పనిని ధనాత్మకంగా తీసుకుంటాం.



పటం 10.4

ఒక వస్తువు నిర్దిష్ట దిశలో సమవేగంతో కదులుతూ ఉన్న సందర్భాన్ని పరిగణిద్దాం. ఇప్పుడు ఋణాత్మకమైన బలం F, వ్యతిరేఖ దిశలో ప్రయోగించబడింది. అనగా రెండు దిశల మధ్య కోణం 180°. ప్రయోగించబడిన బలం వలన వస్తువు s స్థానభ్రంశం చెంది ఆగింది. అటువంటి సందర్భంలో బలం చేసిన పని F ను ఋణాత్మకంగా పరిగణిస్తాం మరియు మైనస్ గుర్తుతో సూచిస్తాము. బలం వలన జరిగిన పని $F \times (-s)$ లేదా $(-F \times s)$.

బలం చేసిన పని ధనాత్మకం లేదా రుణాత్మకం అని పై చర్చ ద్వారా స్పష్టం అవుతుంది. దీనిని అర్థం చేసుకోవడానికి ఈ క్రింది కృత్యాన్ని చేద్దాం.

కృత్యం ------------------ 10.4

- ఒక వస్తువును పైకి ఎత్తండి. మీరు ప్రయోగించిన బలం ఆ వస్తువును పై దిశలోనికి కదిలించడం ద్వారా పనిచేసింది. మీరు ఉపయోగించిన బలం స్థానభ్రంశ దిశలోనే ఉంది. అయినప్పటికీ, వస్తువుపై గురుత్వాకర్షణ బలం పనిచేస్తుంది.
- వీటిలో ఏ బలం ధనాత్మకమైన పని చేసింది?
- ఏ బలం ఋణాత్మకమైన పని చేసింది.
- కారణాలను తెల్పండి

బలం స్థానభ్రంశం దిశకు వ్యతిరేకంగా పనిచేసినప్పుడు జరిగిన పని రుణాత్మకంగా ఉంటుంది. బలం స్థానభ్రంశం దిశలో పనిచేసినప్పుడు జరిగిన పని ధనాత్మకంగా ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 10.2 ఒక కూలీ 15 కిలోగ్రాముల సామాన్లను భూమి నుండి పైకి ఎత్తి, భూమి నుండి 1.5 మీటర్ల ఎత్తులో తన తలపై ఉంచుకున్నాడు. సామానుపై అతను చేసిన పనిని లెక్కించండి?

సాధన:

సామాను ద్రవ్యరాశి, m = 15 కి.గ్రా.

స్థానభ్రంశం s = 1.5 మీ.

$$\begin{aligned}\text{Work done, } W &= F \times s = mg \times s \\ &= 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 1.5 \text{ m} \\ &= 225 \text{ kg m s}^{-2} \text{ m} \\ &= 225 \text{ N m} = 225 \text{ J}\end{aligned}$$

Work done is 225 J.

Questions

1. *When do we say that work is done?*
2. *Write an expression for the work done when a force is acting on an object in the direction of its displacement.*
3. *Define 1 J of work.*
4. *A pair of bullocks exerts a force of 140 N on a plough. The field being ploughed is 15 m long. How much work is done in ploughing the length of the field?*

10.2 Energy

Life is impossible without energy. The demand for energy is ever increasing. Where do we get energy from? The Sun is the biggest natural source of energy to us. Many of our energy sources are derived from the Sun. We can also get energy from the nuclei of atoms, the interior of the earth, and the tides. Can you think of other sources of energy?

Activity 10.5

- A few sources of energy are listed above. There are many other sources of energy. List them.
- Discuss in small groups how certain sources of energy are due to the Sun.
- Are there sources of energy which are not due to the Sun?

The word energy is very often used in our daily life, but in science we give it a definite and precise meaning. Let us consider the following examples: when a fast moving cricket ball hits a stationary wicket, the wicket is thrown away. Similarly, an object when raised to a certain height gets the capability to do work. You must have seen that when a raised hammer falls on a nail placed on a piece of wood, it drives the nail into the wood. We have also observed children winding a toy (such as a toy car) and when the toy is placed on the floor, it starts moving. When a balloon is filled with air and we press it we notice a change in its shape. As long as we press it gently, it can come back to its original shape when the force is withdrawn. However, if we press the balloon hard, it can even explode producing a blasting sound. In all these examples, the objects acquire, through different means, the capability of doing work. An object having a capability to do work is said to possess energy. The object which does the work loses energy and the object on which the work is done gains energy.

How does an object with energy do work? An object that possesses energy can exert a force on another object. When this happens, energy is transferred from the former to the latter. The second object may move as it receives energy and therefore do some work. Thus, the first object had a capacity to do work. This implies that any object that possesses energy can do work.

The energy possessed by an object is thus measured in terms of its capacity of doing work. The unit of energy is, therefore, the same as that of work, that is, joule (J). 1 J is the energy required to do 1 joule of work. Sometimes a larger unit of energy called kilo joule (kJ) is used. 1 kJ equals 1000 J.

10.2.1 Forms of Energy

Luckily the world we live in provides energy in many different forms. The various forms include mechanical energy (potential energy + kinetic energy), heat energy, chemical energy, electrical energy and light energy.

> *Think it over !*
>
> How do you know that some entity is a form of energy? Discuss with your friends and teachers.

జరిగిన పని $W = F \times s = mg \times s$

$= 15$ కి. గ్రా. $\times$ 10 మీ. సె.$^{-2} \times 1.5$ మీ.

$= 225$ కి. గ్రా. మీ. సె.$^{-2}$ మీ.

=225 న్యూటన్-మీటర్ = 225 జౌళ్ళు.

జరిగిన పని 225 జౌల్.

ప్రశ్నలు

1. పని జరిగింది అని మనం ఎప్పుడు చెబుతాము?

2. ఒక వస్తువుపై బలం దాని స్థానభ్రంశ దిశలో ప్రయోగించినప్పుడు జరిగిన పనిని వ్యక్తీకరించి రాయండి.

3. ఒక జౌలు పనిని నిర్వచించండి.

4. ఒక జత ఎద్దులు 140 న్యూటన్ల బలాన్ని నాగలిపై ప్రయోగిస్తున్నాయి. దున్నుతున్న పొలం యొక్క పొడవు 15 మీటర్లు. ఈ పొడవు ఉన్న పొలంను దున్నడానికి ఎంత పని జరుగుతుంది?

10.2 శక్తి

శక్తి లేకుండా జీవితం అసాధ్యం. శక్తి కోసం డిమాండ్ నానాటికి పెరుగుతుంది. మనకు శక్తి ఎక్కడ నుండి వస్తుంది? సూర్యుడు మనకు శక్తినిచ్చే అతి పెద్ద సహజ వనరు. మన శక్తి వనరులు చాలావరకు సూర్యుని నుండి ఉద్భవించాయి. మనం పరమాణు కేంద్రకం నుండి, భూమి అంతర్భాగం మరియు అలల నుండి కూడా శక్తిని పొందవచ్చును. ఇతర శక్తి వనరుల గురించి మీరు ఎప్పుడైనా ఆలోచించారా?

కృత్యం ------------------ 10.5

- కొన్ని రకాల శక్తి వనరులు పైన తెలుపబడ్డాయి. ఇవి కాక అనేక రకాల శక్తి వనరులు ఉన్నాయి. వాటి జాబితా తయారు చేయండి.
- కొన్ని రకాల శక్తి వనరులు సూర్యునిపై ఎలా ఆధారపడి ఉన్నాయో బృందాలుగా ఏర్పడి చర్చించండి.
- సూర్యునిపై ఆధారపడని శక్తి వనరులు ఉన్నాయా?

మన నిత్యజీవితంలో శక్తి అనే పదాన్ని చాలా తరచుగా వాడుతూ ఉంటాం. కానీ మనం విజ్ఞానశాస్త్రంలో దానికి ఖచ్చితమైన నిర్దిష్టమైన అర్థాన్ని ఇస్తాం. ఈ క్రింది ఉదాహరణలను మనం పరిశీలిద్దాం. వేగంగా కదిలే క్రికెట్ బంతి వికెట్లను తాకి వాటిని పడగొడుతుంది. అదే విధంగా ఒక వస్తువును కొంత ఎత్తుకు ఎత్తినప్పుడు పని చేయగలిగే సామర్థ్యాన్ని పొందుతుంది. చెక్కపై మేకు ఉంచి సుత్తితో కొట్టినప్పుడు మేకు చెక్కలోకి దిగటం మీరు చూసే ఉంటారు. పిల్లలు (కారు బొమ్మ) బొమ్మకు 'కీ' ఇచ్చి నేలపై ఉంచినప్పుడు అది కదలడం మనం చూసాం. గాలితో నింపిన బెలూన్‌ను నొక్కినప్పుడు దాని ఆకృతిలో మార్పును మనం గమనిస్తాం. దానిని మనం నెమ్మదిగా నొక్కినంత కాలం, బలం ఉపసంహరించినప్పుడు దాని అసలు ఆకృతికి వస్తుంది. అయితే మనం బెలూన్ ను గట్టిగా నొక్కితే అది పేలిపోయి ధ్వని కూడా వస్తుంది. అన్ని ఉదాహరణల్లో వస్తువులు పని చేసే సామర్థ్యం వివిధ మార్గాల ద్వారా పొందుతున్నాయి. పనిచేయగల సామర్థ్యం ఉన్న వస్తువు శక్తిని కలిగి ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. పని చేసే వస్తువు శక్తిని కోల్పోతుంది మరియు ఏ వస్తువు మీద పని జరిగిందో ఆ వస్తువు శక్తిని పొందుతుంది.

శక్తి ఉన్న వస్తువు ఎలా పనిచేస్తుంది? శక్తిని కలిగి ఉన్న వస్తువు మరొక వస్తువుపై బలంను ప్రయోగించగలదు. ఇది జరిగినప్పుడు మొదటి వస్తువు నుండి తర్వాత వస్తువుకు శక్తి బదిలీ అవుతుంది. రెండవ వస్తువు శక్తిని పొందినప్పుడు కదిలి కొంత పనిచేయును. ఈ విధంగా మొదటి వస్తువు పని చేయగలిగే సామర్థ్యం కలిగి ఉంది. శక్తి కలిగి ఉన్న ఏ వస్తువు అయినా పనిచేయగలదని తెలుస్తుంది.

ఒక వస్తువుకు కలిగి ఉన్న శక్తిని, ఆ వస్తువు పనిచేయగల సామర్థ్యం ఆధారంగా కొలుస్తారు. అందువలన శక్తి యొక్క ప్రమాణం, పని యొక్క ప్రమాణం 1 జౌల్(J) తో సమానం. ఒక జౌలు పని చేయడానికి అవసరమైన శక్తిని ఒక జౌల్ (J)గా నిర్వచిస్తాము. కొన్నిసార్లు కిలో జౌల్(kJ) అనేది శక్తి యొక్క పెద్ద ప్రమాణంగా ఉపయోగించబడుతుంది. ఒక కిలో జౌల్ (kJ) అంటే 1000 జౌళ్ళకి సమానం.

10.2.1 శక్తి రూపాలు

అదృష్టవశాత్తు మనం జీవిస్తున్న ప్రపంచం అనేక రూపాలలో శక్తిని అందిస్తుంది. యాంత్రిక శక్తి (స్థితి శక్తి + గతి శక్తి), ఉష్ణశక్తి, రసాయన శక్తి, విద్యుత్ శక్తి మరియు కాంతి శక్తి వంటి అనేక రూపాలలో శక్తి లభిస్తుంది.

ఒక్కసారి ఆలోచించండి !

కొన్ని అస్థిత్వాలు శక్తి రూపాలు అని మీకు ఎలా తెలుసు? మీ స్నేహితులు, ఉపాధ్యాయులతో చర్చించండి.

James Prescott Joule
(1818 – 1889)

James Prescott Joule was an outstanding British physicist. He is best known for his research in electricity and thermodynamics. Amongst other things, he formulated a law for the heating effect of electric current. He also verified experimentally the law of conservation of energy and discovered the value of the mechanical equivalent of heat. The unit of energy and work called joule, is named after him.

10.2.2 KINETIC ENERGY

Activity _______________ 10.6

- Take a heavy ball. Drop it on a thick bed of sand. A wet bed of sand would be better. Drop the ball on the sand bed from height of about 25 cm. The ball creates a depression.
- Repeat this activity from heights of 50 cm, 1m and 1.5 m.
- Ensure that all the depressions are distinctly visible.
- Mark the depressions to indicate the height from which the ball was dropped.
- Compare their depths.
- Which one of them is deepest?
- Which one is shallowest? Why?
- What has caused the ball to make a deeper dent?
- Discuss and analyse.

Activity _______________ 10.7

- Set up the apparatus as shown in Fig. 10.5.
- Place a wooden block of known mass in front of the trolley at a convenient fixed distance.
- Place a known mass on the pan so that the trolley starts moving.

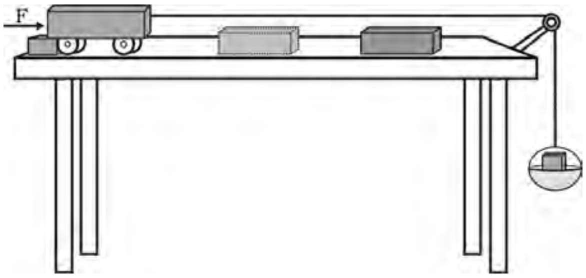


Fig. 10.5

- The trolley moves forward and hits the wooden block.
- Fix a stop on the table in such a manner that the trolley stops after hitting the block. The block gets displaced.
- Note down the displacement of the block. This means work is done on the block by the trolley as the block has gained energy.
- From where does this energy come?
- Repeat this activity by increasing the mass on the pan. In which case is the displacement more?
- In which case is the work done more?
- In this activity, the moving trolley does work and hence it possesses energy.

A moving object can do work. An object moving faster can do more work than an identical object moving relatively slow. A moving bullet, blowing wind, a rotating wheel, a speeding stone can do work. How does a bullet pierce the target? How does the wind move the blades of a windmill? Objects in motion possess energy. We call this energy kinetic energy.

A falling coconut, a speeding car, a rolling stone, a flying aircraft, flowing water, blowing wind, a running athlete etc. possess kinetic energy. In short, kinetic energy is the energy possessed by an object due to its motion. The kinetic energy of an object increases with its speed.

How much energy is possessed by a moving body by virtue of its motion? By definition, we say that the kinetic energy of a body moving with a certain velocity is equal to the work done on it to make it acquire that velocity.

జేమ్స్ ప్రిస్కాట్ జౌల్

(1818 - 1889)

జేమ్స్ ప్రిస్కాట్ జౌల్ ఒక ప్రముఖ బ్రిటిష్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త. అతను విద్యుత్ మరియు ఉష్ణగతిక శాస్త్రంలో చేసిన పరిశోధనలకు ప్రసిద్ధి చెందారు. ఇతర విషయాలతో పాటు అతను విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క ఉష్ణ ఫలితాల గురించి ఒక నియమాన్ని రూపొందించారు. అతను శక్తి నిత్యత్వనియమాన్ని ప్రయోగాత్మకంగా ధ్రువీకరించారు. ఉష్ణ యాంత్రిక తుల్యాంకం విలువలను కనుగొన్నారు. అతని పేరు మీద శక్తి మరియు పని ప్రమాణం "జౌల్" అని పెట్టబడింది.

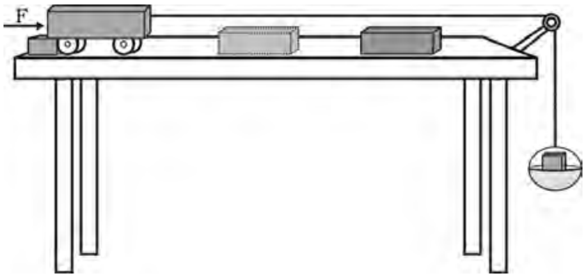
10.2.2 గతి శక్తి

కృత్యం ------------------ 10.6

- ఒక బరువైన బంతిని తీసుకోండి. ఇసుక తిన్నెపై వదిలివేయండి. తడి ఇసుక తిన్నెను తీసుకుంటే మరింత మంచిది. బంతిని 25 సెంటీమీటర్ల ఎత్తు నుండి ఇసుక తిన్నె మీదకు వదిలివేయండి. బంతి గుంటను ఏర్పరుస్తుంది.
- 50 సెంటీమీటర్లు, ఒక మీటరు, 1.5 మీటర్ల ఎత్తుల నుండి ఈ కృత్యాన్ని పలుమార్లు చేయండి.
- గుంట స్పష్టంగా కనబడేలా చూసుకోండి.
- బంతి ఏ ఎత్తు నుండి పడిందో సూచించడానికి గుంటలను గుర్తించండి.
- వాటి లోతులను పోల్చండి.
- వాటిలో ఏది లోతైనది.
- ఏది లోతు తక్కువది ? ఎందుకు?
- బంతి అంత లోతుగా వెళ్లడానికి కారణం ఏమిటి?
- చర్చించండి మరియు విశ్లేషించండి.

కృత్యం ------------------ 10.7

- పటం 10.5 లో చూపినట్లుగా పరికరాలను అమర్చండి.
- ద్రవ్యరాశి తెలిపిన ఒక చెక్క దిమ్మెను నిర్ణీత దూరంలో ఒక ట్రాలీకి ముందు ఉంచండి.
- పళ్ళెంలో తెలిసిన ద్రవ్యరాశిని ఉంచండి. అందువలన ట్రాలీ కదలడం ప్రారంభమవుతుంది.



పటం 10.5

- ట్రాలీ ముందుకు కదిలి చెక్క దిమ్మెను ఢీకొంటుంది.
- చెక్కదిమ్మెను ఢీ కొట్టిన తర్వాత ట్రాలీ ఆగిపోయే విధంగా బల్లపై ఒక స్థానాన్ని అనుకోండి. చెక్క దిమ్మ స్థానభ్రంశం చెందుతుంది.
- చెక్క దిమ్మ స్థానభ్రంశాన్ని నమోదుచేయండి. దీని అర్థం ట్రాలీ ఢీకొనడం వలన దిమ్మెపై పని జరిగింది. కనుక దిమ్మె శక్తిని పొందింది.
- ఈ శక్తి ఎక్కడ నుండి వచ్చింది?
- పళ్లెంలో ద్రవ్యరాశిని పెంచుతూ ఈ కృత్యాన్ని పలుమార్లు చేయండి. ఏ సందర్భంలో ఎక్కువ స్థానభ్రంశం జరిగింది ?
- ఏ సందర్భంలో ఎక్కువ పని జరిగింది ?
- ఈ కృత్యంలో కదులుతున్న ట్రాలీ పనిచేసినందున అది శక్తిని పొందింది.

గమనంలో ఉన్న వస్తువు పనిచేయగలదు. సాపేక్షంగా నెమ్మదిగా కదులుతున్న వస్తువు కంటే వేగంగా కదిలే వస్తువు ఎక్కువ పని చేస్తుంది. కదిలే తూటా, వీచే గాలి, తిరిగే చక్రం, విసిరిన రాయి పని చేయగలవు. తూటా లక్ష్యాన్ని ఎలా ఛేదిస్తుంది? గాలి, గాలిమర రెక్కలను ఎలా తిప్పగలదు? గమనంలో ఉన్న వస్తువు శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. మనము ఈ శక్తినే 'గతిశక్తి' అని పిలుస్తాము.

చెట్టు పై నుండి పడే కొబ్బరిబొండం, వేగంగా కదిలే కారు, దొర్లుతున్న రాయి, ఎగిరే విమానం, ప్రవహిస్తున్న నీరు, వీచేగాలి, పరిగెత్తే ఆటగాడు మొదలగునవి అన్నీ గతిశక్తిని కలిగి ఉంటాయి. వస్తువు గమనం వల్ల పొందే శక్తిని గతిశక్తి అంటాం. వస్తువు యొక్క వేగం ఎక్కువయ్యే కొద్దీ దాని గతిజశక్తి పెరుగుతుంది.

గమనంలో ఉండే వస్తువుకు దాని కదలిక ద్వారా ఎంత శక్తిని కలిగి ఉంటుంది? నిర్వచనం ప్రకారం కొంత వేగంతో కదిలే వస్తువుకు ఉండే గతిశక్తి, ఆ వేగాన్ని పొందడానికి దానిపై జరిగిన పనికి సమానం.

Let us now express the kinetic energy of an object in the form of an equation. Consider an object of mass, m moving with a uniform velocity, u. Let it now be displaced through a distance s when a constant force, F acts on it in the direction of its displacement. From Eq. (10.1), the work done, W is $F s$. The work done on the object will cause a change in its velocity. Let its velocity change from u to v. Let a be the acceleration produced.

We studied three equations of motion. The relation connecting the initial velocity (u) and final velocity (v) of an object moving with a uniform acceleration a, and the displacement, s is

$$v^2 - u^2 = 2a\,s$$

This gives

$$s = \frac{v^2 - u^2}{2a} \qquad (10.2)$$

From section 9.4, we know $F = m\,a$. Thus, using (Eq. 10.2) in Eq. (10.1), we can write the work done by the force, F as

$$W = m\,a \times \left(\frac{v^2 - u^2}{2a}\right)$$

or

$$W = \frac{1}{2} m \left(v^2 - u^2\right) \qquad (10.3)$$

If the object is starting from its stationary position, that is, $u = 0$, then

$$W = \frac{1}{2} m\,v^2 \qquad (10.4)$$

It is clear that the work done is equal to the change in the kinetic energy of an object.

If $u = 0$, the work done will be $\frac{1}{2} m\,v^2$.

Thus, the kinetic energy possessed by an object of mass, m and moving with a uniform velocity, v is

$$E_k = \frac{1}{2} m\,v^2 \qquad (10.5)$$

Example 10.3 An object of mass 15 kg is moving with a uniform velocity of 4 m s^{-1}. What is the kinetic energy possessed by the object?

Solution:

Mass of the object, m = 15 kg, velocity of the object, v = 4 m s^{-1}.

From Eq. (10.5),

$$E_k = \frac{1}{2} m\,v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 15 \text{ kg} \times 4 \text{ m s}^{-1} \times 4 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 120 \text{ J}$$

The kinetic energy of the object is 120 J.

Example 10.4 What is the work to be done to increase the velocity of a car from 30 km h^{-1} to 60 km h^{-1} if the mass of the car is 1500 kg?

Solution:

Mass of the car, m =1500 kg,
initial velocity of car, u = 30 km h^{-1}

$$= \frac{30 \times 1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}}$$

$$= 25/3 \text{ m s}^{-1}.$$

Similarly, the final velocity of the car,

$$v = 60 \text{ km h}^{-1}$$
$$= 50/3 \text{ m s}^{-1}.$$

Therefore, the initial kinetic energy of the car,

$$E_{ki} = \frac{1}{2} m\,u^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1500 \text{ kg} \times (25/3 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 156250/3 \text{ J}.$$

The final kinetic energy of the car,

$$E_{kf} = \frac{1}{2} \times 1500 \text{ kg} \times (50/3 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 625000/3 \text{ J}.$$

Thus, the work done = Change in kinetic energy

$$= E_{kf} - E_{ki}$$

$$= 156250 \text{ J}.$$

ఇప్పుడు మనం ఒక వస్తువు యొక్క గతిశక్తిని సమీకరణ రూపంలో తెలియజేద్దాం. m ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువు u సమవేగంతో కదులుతుంటే, స్థిరమైన బలం Fను స్థానభ్రంశ దిశలో ప్రయోగించినపుడు అది s దూరం వరకు స్థానభ్రంశం చెందినది అనుకుందాం. సమీకరణం 10.1 నుండి జరిగిన పని W అంటే Fs. ఆ వస్తువుపై జరిగిన పని వలన ఆ వస్తువు వేగం మారుతుంది. దానివేగం u నుండి v కి మారింది అనుకుందాం. వస్తువు a త్వరణంను పొందింది అని భావించండి.

గత పాఠ్యాంశంలో మూడు చలన సమీకరణాల గురించి తెలుసుకున్నాము. (a) సమత్వరణంతో కదులుతున్న వస్తువు యొక్క తొలివేగం (u) తుదివేగం (v) స్థానభ్రంశం s ల మధ్య గల సంబంధాన్ని క్రింది విధంగా తెలుపుతాము.

$$v^2 - u^2 = 2as$$

దీని నుండి

$$s = \frac{v^2 - u^2}{2a} \qquad (10.2)$$

విభాగం 9.4 నుండి మనకు $F = m\,a$. అని తెలుసు. అందువలన సమీకరణము 10.2 ను సమీకరణం (10.1) లో ప్రతిక్షేపించగా బలం (F) ద్వారా జరిగిన పనిని ఈ విధంగా మనం రాయవచ్చు.

$$W = m\,a \times \left(\frac{v^2 - u^2}{2a}\right)$$

లేక

$$W = \frac{1}{2} m \left(v^2 - u^2\right) \qquad (10.3)$$

వస్తువు దాని నిశ్చల స్థితి నుండి ప్రారంభమైతే $u = 0$, అప్పుడు

$$W = \frac{1}{2} m\,v^2 \qquad (10.4)$$

దీనిని బట్టి ఒక వస్తువుపై జరిగిన పని ఆ వస్తువు యొక్క గతి శక్తి లో మార్పుకు సమానం.

$u = 0$ అయితే జరిగిన పని $\frac{1}{2} m\,v^2$ అవుతుంది.

ఈ విధంగా m ద్రవ్యరాశిని కలిగి v సమవేగంతో కదులుతున్న వస్తువుకు గల గతి శక్తి

$$E_k = \frac{1}{2} m\,v^2 \qquad (10.5)$$

ఉదాహరణ 10.3 15 కి. గ్రా ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు 4 మీ.సె.$^{-1}$ సమవేగంతో కదులుతూ ఉంటే దాని గతిశక్తి ఎంత?

సాధన:

వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి m = 15 కి. గ్రా

వస్తువు వేగం v = 4 మీ/సె

సమీకరణం 10.5 నుండి

$$E_k = \frac{1}{2} m\,v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 15 \text{ కి. గ్రా} \times 4 \text{ మీ/సె} \times 4 \text{ మీ/సె}$$

= 120 జౌళ్ళు

వస్తువు యొక్క గతిశక్తి = 120 జౌళ్ళు.

ఉదాహరణ 10.4: 1500 కి. గ్రా. ద్రవ్యరాశి గల కారు యొక్క వేగం 30 కి.మీ/గం.నుండి 60 కి.మీ/గం కు పెంచడానికి ఎంత పని చేయాలి?

సాధన:

కారు ద్రవ్యరాశి m = 1500 కి.గ్రా.

కారు తొలివేగం u = 30 కి.మీ/గం

$$= \frac{30 \times 1000\,\text{m}}{60 \times 60\,\text{s}}$$

= 25/3 మీ/సె

అదేవిధంగా కారు యొక్క తుదివేగం

v = 60 కి.మీ/గం

= 50/3 మీ/సె

అందువలన కారు యొక్క తొలి గతిశక్తి

$$E_{ki} = \frac{1}{2} m\,u^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1500 \text{ కి. గ్రా} \times (25/3 \text{ మీ.సె.}^{-2})$$

= 156250/3 జౌళ్ళు

కారు యొక్క తుది గతిశక్తి

$$E_{kf} = \frac{1}{2} \times 1500 \text{ కి. గ్రా.} \times (50/3 \text{ మీ.సె.}^{-2})$$

= 625000/3 జౌళ్ళు

ఈ విధంగా చేసిన పని = గతి శక్తిలో మార్పు

$= E_{kf} - E_{ki}$

= 156250 జౌళ్ళు

Questions

1. *What is the kinetic energy of an object?*
2. *Write an expression for the kinetic energy of an object.*
3. *The kinetic energy of an object of mass, m moving with a velocity of 5 m s^{-1} is 25 J. What will be its kinetic energy when its velocity is doubled? What will be its kinetic energy when its velocity is increased three times?*

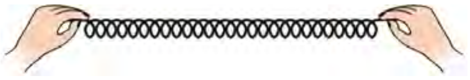
10.2.3 Potential Energy

Activity 10.8

- Take a rubber band.
- Hold it at one end and pull from the other. The band stretches.
- Release the band at one of the ends.
- What happens?
- The band will tend to regain its original length. Obviously the band had acquired energy in its stretched position.
- How did it acquire energy when stretched?

Activity 10.9

- Take a slinky as shown below.
- Ask a friend to hold one of its ends. You hold the other end and move away from your friend. Now you release the slinky.



- What happened?
- How did the slinky acquire energy when stretched?
- Would the slinky acquire energy when it is compressed?

Activity 10.10

- Take a toy car. Wind it using its key.
- Place the car on the ground.
- Did it move?
- From where did it acquire energy?
- Does the energy acquired depend on the number of windings?
- How can you test this?

Activity 10.11

- Lift an object through a certain height. The object can now do work. It begins to fall when released.
- This implies that it has acquired some energy. If raised to a greater height it can do more work and hence possesses more energy.
- From where did it get the energy? Think and discuss.

In the above situations, the energy gets stored due to the work done on the object. The energy transferred to an object is stored as potential energy if it is not used to cause a change in the velocity or speed of the object.

You transfer energy when you stretch a rubber band. The energy transferred to the band is its potential energy. You do work while winding the key of a toy car. The energy transferred to the spring inside is stored as potential energy. The potential energy possessed by the object is the energy present in it by virtue of its position or configuration.

Activity 10.12

- Take a bamboo stick and make a bow as shown in Fig. 10.6.
- Place an arrow made of a light stick on it with one end supported by the stretched string.
- Now stretch the string and release the arrow.
- Notice the arrow flying off the bow. Notice the change in the shape of the bow.
- The potential energy stored in the bow due to the change of shape is thus used in the form of kinetic energy in throwing off the arrow.

Fig.10.6: An arrow and the stretched string on the bow.

ప్రశ్నలు

1. వస్తువు యొక్క గతిశక్తి అంటే ఏమిటి?
2. వస్తువు యొక్క గతిశక్తి కి సూత్రాన్ని రాయండి?
3. 5 మీ/సె వేగంతో కదులుతున్న m ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు యొక్క గతిశక్తి 25 J. దాని వేగం రెట్టింపు అయినప్పుడు దాని గతిశక్తి ఎంత అవుతుంది? దాని వేగాన్ని మూడు రెట్లు పెంచినపుడు దాని గతిశక్తి ఎంత అవుతుంది?

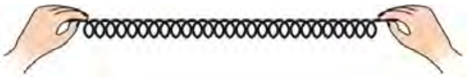
10.2.3 స్థితి శక్తి

కృత్యం ------------------ 10.8

- ఒక రబ్బరు బ్యాండును తీసుకోండి.
- దాని ఒక చివరన పట్టుకొని రెండో చివరను లాగి సాగతీయండి.
- తర్వాత ఏదో ఒక చివరి కొనను వదిలి వేయండి.
- ఏం జరిగింది?
- బ్యాండ్ తన అసలు పొడవును తిరిగి పొందుతుంది. ఖచ్చితంగా బ్యాండ్ దానిని సాగదీయ బడిన స్థితిలోనే శక్తిని పొందింది.
- సాగదీసినప్పుడు అది ఎలా శక్తిని పొందింది?.

కృత్యం ------------------ 10.9

- క్రింద చూపిన విధంగా స్ప్రింగ్‌ను తీసుకోండి.
- దాని చివరలో ఒకదానిని పట్టుకోమని మీ స్నేహితుడిని అడగండి. మీరు మరొక చివరను పట్టుకొని మీ స్నేహితుడికి దూరంగా జరగండి. ఇప్పుడు మీరు స్ప్రింగ్‌ను వదిలి వేయండి.



- ఏమి జరిగింది?
- సాగదీసినప్పుడు స్ప్రింగ్ ఎలా శక్తిని పొందింది ?
- స్ప్రింగ్‌ని కుంచింపజేసినప్పుడు కూడా శక్తిని పొందుతుందా?

కృత్యం ------------------ 10.10

- ఒక బొమ్మ కారు తీసుకొని దానికి కీ ని ఇవ్వండి.
- కారును నేలపై ఉంచండి.
- అది కదిలిందా?
- అది ఎక్కడ నుండి శక్తిని పొందింది?
- పొందిన శక్తి, తిప్పిన చుట్ల సంఖ్య పై ఆధారపడి ఉంటుందా?
- మీరు దీనిని ఎలా పరీక్షిస్తారు?

కృత్యం ------------------ 10.11

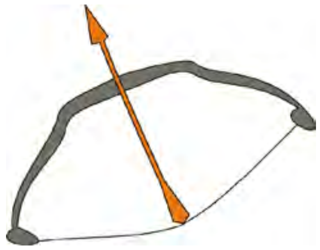
- ఒక వస్తువును కొంత ఎత్తుకి ఎత్తండి. ఇపుడు ఆ వస్తువు పని చేయగలదు. దానిని వదిలినపుడు క్రిందికి పడటం ప్రారంభమవుతుంది.
- ఇది కొంత శక్తిని పొందిందని సూచిస్తుంది. ఇంకా ఎక్కువ ఎత్తుకు ఎత్తినట్లయితే అది ఎక్కువ పని చేయగలదు. అందువలన అది ఎక్కువ శక్తిని కలిగి ఉంటుంది.
- దానికి ఆ శక్తి ఎక్కడ నుండి వచ్చింది? ఆలోచించి, చర్చించండి.

పై సందర్భాలలో ఒక వస్తువుపై జరిగిన పని కారణంగా శక్తి నిల్వ ఉంటుంది. ఒక వస్తువుకు బదిలీ చేయబడిన శక్తి ఆ వస్తువు యొక్క వేగం లేదా వడిలో మార్పు కలిగించడానికి ఉపయోగించకపోతే అది స్థితిశక్తిగా నిల్వచేయబడుతుంది.

మీరు రబ్బరు బ్యాండ్ ను సాగదీసినప్పుడు, మీరు శక్తిని బదిలీ చేస్తారు. బ్యాండుకు బదిలీ అయిన శక్తి దాని యొక్క స్థితిశక్తి. మీరు బొమ్మ కారుకి 'కీ' ఇస్తున్నప్పుడు మీరు పని చేస్తారు. లోపల వున్న స్ప్రింగ్‌కు బదిలీ అయిన శక్తి, స్థితి శక్తిగా నిల్వ ఉంటుంది. వస్తువు కలిగివున్న స్థితిశక్తి దాని స్థానం లేదా ఆకృతీకరణ కారణంగా దానిలో ఇమిడివున్న శక్తి.

కృత్యం ------------------ 10.12

- ఒక వెదురు కర్రను తీసుకొని పటం 10.6 లో చూపినట్లు విల్లును తయారు చేయండి.
- దానిపై ఒక కర్ర పుల్లతో తయారు చేసిన బాణాన్ని వింటినారికి ఒక చివర ఆనించి ఉంచండి.
- వింటి నారిని సాగదీసి బాణాన్ని వదలండి.
- బాణం, విల్లు నుండి దూసుకుపోతున్నప్పుడు గమనించండి.
- విల్లు ఆకారంలో మార్పును గమనించండి.
- విల్లు ఆకృతిలో మార్పువలన నారిలో నిల్వవున్న స్థితిశక్తి బాణాన్ని విసరడానికి గతిశక్తి రూపంలో ఉపయోగపడుతుంది.



పటం 10.6 : ఒక బాణం మరియు విల్లుమీద సాగిన తీగ

10.2.4 Potential energy of an object at a height

An object increases its energy when raised through a height. This is because work is done on it against gravity while it is being raised. The energy present in such an object is the gravitational potential energy.

The gravitational potential energy of an object at a point above the ground is defined as the work done in raising it from the ground to that point against gravity.

It is easy to arrive at an expression for the gravitational potential energy of an object at a height.

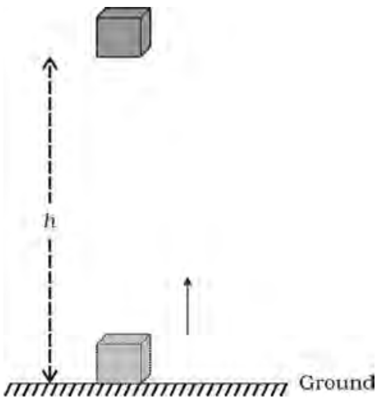


Fig. 10.7

Consider an object of mass, *m*. Let it be raised through a height, *h* from the ground. A force is required to do this. The minimum force required to raise the object is equal to the weight of the object, *mg*. The object gains energy equal to the work done on it. Let the work done on the object against gravity be *W*. That is,

work done, W = force × displacement
= $mg \times h$
= mgh

Since work done on the object is equal to *mgh*, an energy equal to *mgh* units is gained by the object. This is the potential energy (E_p) of the object.

$$E_p = mgh \quad (10.6)$$

More to know

The potential energy of an object at a height depends on the ground level or the zero level you choose. An object in a given position can have a certain potential energy with respect to one level and a different value of potential energy with respect to another level.

It is useful to note that the work done by gravity depends on the difference in vertical heights of the initial and final positions of the object and not on the path along which the object is moved. Fig. 10.8 shows a case where a block is raised from position A to B by taking two different paths. Let the height AB = *h*. In both the situations the work done on the object is *mgh*.

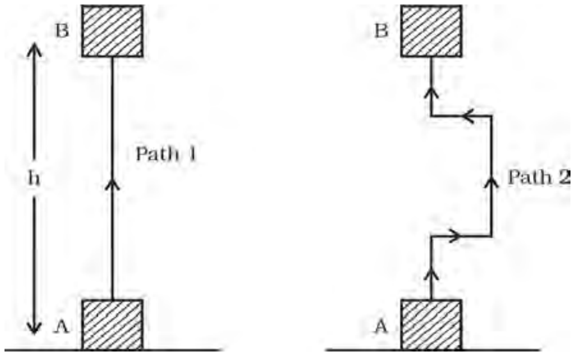


Fig. 10.8

Example 10.5 Find the energy possessed by an object of mass 10 kg when it is at a height of 6 m above the ground. Given, g = 9.8 m s^{-2}.

Solution:

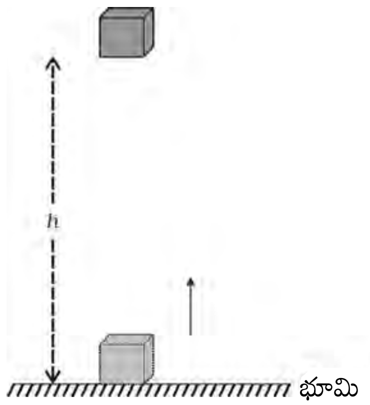
Mass of the object, m = 10 kg,
displacement (height), h = 6 m, and
acceleration due to gravity, g = 9.8 m s^{-2}.
From Eq. (10.6),
Potential energy = mgh
= 10 kg × 9.8 m s^{-2} × 6 m
= 588 J.
The potential energy is 588 J.

10.2.4 కొంత ఎత్తులో ఉన్న వస్తువు కు ఉండే స్థితిశక్తి

ఒక వస్తువును కొంత ఎత్తు వరకు ఎత్తినప్పుడు దాని శక్తి పెరుగుతుంది. దీనికి గల కారణం గురుత్వాకర్షణకు వ్యతిరేకంగా ఆ వస్తువుపై పని జరగడమే. అటువంటి వస్తువులో వున్న శక్తిని గురుత్వ స్థితిశక్తి అంటారు.

భూమిపైన ఒకానొక ఎత్తు వద్ద ఒక వస్తువుకు వుండే గురుత్వ స్థితిశక్తిని ఆ ఎత్తు వరకు వస్తువుని గురుత్వాకర్షణకు వ్యతిరేకంగా ఎత్తడానికి దానిపై జరిగిన పనిగా నిర్వచిస్తాం.

ఒకానొక ఎత్తు వద్ద ఒక వస్తువుకు ఉండే గురుత్వ స్థితిశక్తిని వ్యక్తీకరించడం సులభం.



పటం10.7

m ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువు నేల నుండి h ఎత్తు వరకు ఎత్తబడింది అనుకుందాం. ఇలా ఎత్తడానికి కొంత బలం కావాలి. వస్తువును పైకి ఎత్తడానికి కావలసిన కనీసబలం ఆ వస్తువు భారం, mg కి సమానం. వస్తువుపై జరిగిన పనికి సమానమైన శక్తిని ఆ వస్తువు పొందుతుంది. గురుత్వాకర్షణ బలానికి వ్యతిరేకంగా వస్తువుపై జరిగిన పని W అనుకుంటే

వస్తువుపై జరిగిన పని W = బలం × స్థానభ్రంశం

$= mg \times h$

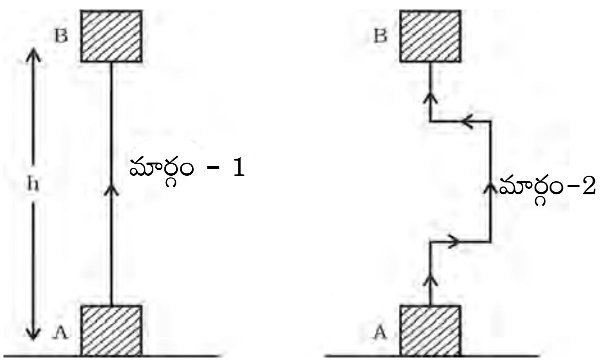
$= mgh$

వస్తువుపై జరిగిన పని mgh కాబట్టి, mgh పరిమాణానికి సమానమైన శక్తిని ఆ వస్తువు పొందుతుంది. ఇది వస్తువు పొందిన స్థితిశక్తి (E_p).

$$E_p = mgh \qquad (10.6)$$

> **మరింత తెలుసుకుందాం**
>
> ఎత్తులో ఉన్న వస్తువు యొక్క స్థితిశక్తి, మీరు ఎంచుకున్న భూస్థాయి లేదా శూన్య స్థాయి మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఒక వస్తువు ఇవ్వబడిన స్థానం వద్ద నిర్థిష్టమైన స్థితిశక్తిని కలిగి ఉండి వేరొక స్థానం వద్ద కల అదే వస్తువు యొక్క స్థితిశక్తి కన్నా విభిన్నంగా ఉంటుంది.

గురుత్వాకర్షణ ద్వారా జరిగిన పని, వస్తువు యొక్క తొలి మరియు తుది స్థానాల నిలువు ఎత్తుల వ్యత్యాసంపై ఆధారపడి ఉంటుంది. అంతేకానీ వస్తువు ప్రయాణించే మార్గంపై ఆధారపడి ఉండదు. రెండు విభిన్న మార్గాలలో ఒక దిమ్మెను A స్థానం నుండి B స్థానానికి ఎత్తడం సందర్భాన్ని పటం 10.8లో చూపబడింది. ఇప్పుడు ఎత్తు AB = h అనుకుందాం. ఈ రెండు సందర్భాలలో వస్తువుపై జరిగిన పని mgh.



పటం. 10.8

ఉదాహరణ: 10.5 10 కి. గ్రా. ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు భూమికి 6 మీ. ఎత్తులో ఉన్నప్పుడు ఆ వస్తువు ఎంత శక్తిని కలిగి ఉంటుందో కనుక్కోండి? (గురుత్వ త్వరణం g = 9.8 మీ.సె$^{-2}$)

సాధన:

వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి m = 10 కి.గ్రా.

స్థానభ్రంశం (ఎత్తు) h = 6 మీ.

గురుత్వ త్వరణం g = 9.8 మీ.సె$^{-2}$

సమీకరణం (10.6) నుండి

స్థితి శక్తి $= mgh$

= 10 కి.గ్రా. × 9.8 మీ.సె$^{-2}$ × 6 మీ.

= 588 జౌళ్ళు

వస్తువు యొక్క స్థితిశక్తి 588 జౌళ్ళు

Example 10.6 An object of mass 12 kg is at a certain height above the ground. If the potential energy of the object is 480 J, find the height at which the object is with respect to the ground. Given, g = 10 m s^{-2}.

Solution:

Mass of the object, m = 12 kg,
potential energy, E_p = 480 J.

$$E_p = mgh$$
$$480 \text{ J} = 12 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times h$$
$$h = \frac{480 \text{ J}}{120 \text{ kg m s}^{-2}} = 4 \text{ m.}$$

The object is at the height of 4 m.

10.2.5 Are various energy forms interconvertible?

Can we convert energy from one form to another? We find in nature a number of instances of conversion of energy from one form to another.

Activity 10.13

- Sit in small groups.
- Discuss the various ways of energy conversion in nature.
- Discuss following questions in your group:
  (a) How do green plants produce food?
  (b) Where do they get their energy from?
  (c) Why does the air move from place to place?
  (d) How are fuels, such as coal and petroleum formed?
  (e) What kinds of energy conversions sustain the water cycle?

Activity 10.14

- Many of the human activities and the gadgets we use involve conversion of energy from one form to another.
- Make a list of such activities and gadgets.
- Identify in each activity/gadget the kind of energy conversion that takes place.

10.2.6 Law of conservation of energy

In activities 10.13 and 10.14, we learnt that the form of energy can be changed from one form to another. What happens to the total energy of a system during or after the process? Whenever energy gets transformed, the total energy remains unchanged. This is the law of conservation of energy. According to this law, energy can only be converted from one form to another; it can neither be created or destroyed. The total energy before and after the transformation remains the same. The law of conservation of energy is valid in all situations and for all kinds of transformations.

Consider a simple example. Let an object of mass, m be made to fall freely from a height, h. At the start, the potential energy is mgh and kinetic energy is zero. Why is the kinetic energy zero? It is zero because its velocity is zero. The total energy of the object is thus mgh. As it falls, its potential energy will change into kinetic energy. If v is the velocity of the object at a given instant, the kinetic energy would be $\frac{1}{2}mv^2$. As the fall of the object continues, the potential energy would decrease while the kinetic energy would increase. When the object is about to reach the ground, h = 0 and v will be the highest. Therefore, the kinetic energy would be the largest and potential energy the least. However, the sum of the potential energy and kinetic energy of the object would be the same at all points. That is,

potential energy + kinetic energy = constant

or

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 = \text{constant.} \quad (10.7)$$

The sum of kinetic energy and potential energy of an object is its total mechanical energy.

We find that during the free fall of the object, the decrease in potential energy, at any point in its path, appears as an equal amount of increase in kinetic energy. (Here the effect of air resistance on the motion of the object has been ignored.) There is thus a continual transformation of gravitational potential energy into kinetic energy.

ఉదాహరణ :10.6 12 కి. గ్రా ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు భూమి పై నుండి కొంత ఎత్తులో ఉంది. ఆ వస్తువు యొక్క స్థితి శక్తి 480 జౌళ్ళు అయితే ఆ వస్తువు భూమి నుండి ఎంత ఎత్తులో ఉందో కనుక్కోండి? g = 10 మీ.సె$^{-2}$.

సాధన:

వస్తువు యొక్క ద్రవ్యరాశి m = 12 కి.గ్రా

స్థితిశక్తి E_p = 480 జౌళ్ళు

$$E_p = mgh$$

480 జౌళ్ళు = 12 కి.గ్రా × 10 మీ.సె$^{-2}$ × h

$$h = \frac{480 \text{ జౌళ్ళు}}{120 \text{ కి.గ్రా. మీ.సె}^{-2}} = 4 \text{ మీ.}$$

వస్తువు 4 మీటర్ల ఎత్తులో ఉంది.

10.2.5 వివిధ శక్తి రూపాలు పరస్పరం మార్చుకోగలవా?

మనం శక్తిని ఒక రూపం నుండి మరొక రూపం లోనికి మార్చగలమా? మనకు ప్రకృతిలో అనేక విషయాలలో శక్తి ఒక రూపం నుండి మరొక రూపంలోనికి మారడం కనపడుతుంది.

కృత్యం ------------------ 10.13

- చిన్న సమూహాలుగా కూర్చోండి.
- ప్రకృతిలో వివిధ రకాలుగా జరిగే శక్తి మార్పిడి గురించి చర్చించండి.
- ఈ క్రింది ప్రశ్నలపై మీ సమూహం చర్చించండి.
  - (ఎ) ఆకుపచ్చని మొక్కలు ఆహారాన్ని ఎలా తయారు చేసుకుంటాయి?
  - (బి) అవి వాటి శక్తిని ఎక్కడ నుండి పొందుతాయి?
  - (సి) గాలి ఒక ప్రదేశం నుండి మరొక ప్రదేశంకు ఎందుకు కదులుతుంది?
  - (డి) బొగ్గు, పెట్రోలియం వంటి ఇంధనాలు ఎలా ఏర్పడ్డాయి?
  - (ఇ) ప్రకృతిలో జల చక్రం ఏర్పడడానికి ఏ ఏ శక్తి రూపాంతరాలు దోహదపడుతున్నాయి?

కృత్యం ------------------ 10.14

- అనేక మానవ కార్యకలాపాలు, పరికరాలు శక్తిని ఒక రూపం నుండి మరో రూపానికి మార్చగలవు.
- అటువంటి కార్యకలాపాలు, పరికరాల జాబితాను తయారు చేయండి.
- ప్రతి కార్యాచరణ /పరికరాలలో ఏ రకమైన శక్తి మార్పిడి జరిగిందో గుర్తించండి.

10.2.6 శక్తి నిత్యత్వ నియమం

10.13, 10.14 కృత్యాలలో శక్తిని ఒక రూపం నుండి మరొక రూపంలోకి మార్చవచ్చునని మనం తెలుసుకున్నాం. ఈ ప్రక్రియ సమయంలో లేదా తరువాత వ్యవస్థ యొక్క మొత్తం శక్తికి ఏమి జరుగుతుంది? శక్తి రూపాంతరం చెందినప్పుడు మొత్తం శక్తిలో మార్పు ఉండదు. ఇది శక్తి నిత్యత్వ నియమం. ఈ నియమం ప్రకారం శక్తి ఒక రూపం నుండి మరొక రూపానికి మార్పు చెందుతుంది. శక్తిని సృష్టించలేము మరియు నాశనం చేయలేము. మొత్తం శక్తి రూపాంతరానికి ముందు, తరువాత స్థిరంగానే ఉంటుంది. శక్తి నిత్యత్వ నియమం అన్ని పరిస్థితులలో మరియు అన్ని రకాల రూపాంతరాలకు వర్తిస్తుంది.

ఒక చిన్న ఉదాహరణను తీసుకోండి. m ద్రవ్యరాశి గల వస్తువును h ఎత్తు నుండి స్వేచ్ఛగా జారనివ్వండి. ప్రారంభంలో స్థితిశక్తి mgh ఉంటుంది మరియు గతిశక్తి శూన్యం. ఎందుకు గతిశక్తి శూన్యమైంది. వేగం శూన్యం అవడం వల్ల గతిశక్తి శూన్యం అయింది. ఈ విధంగా వస్తువు యొక్క మొత్తం శక్తి mgh అవుతుంది. వస్తువు పడుతున్నప్పుడు దాని స్థితిశక్తి గతిశక్తిగా మారుతుంది. ఒక నిర్దిష్ట క్షణంలో ఒక వస్తువు వేగం v అయితే గతిశక్తి $\frac{1}{2}mv^2$ అవుతుంది. వస్తువు పతనం కొనసాగుతున్నందున గతిశక్తి పెరిగే సమయంలో స్థితిశక్తి తగ్గుతుంది. ఆ వస్తువు భూమిని చేరుకోబోతున్న సమయంలో $h = 0$ మరియు v అత్యధికంగా ఉంటుంది. అందువలన గతిశక్తి ఎక్కువగా మరియు స్థితిశక్తి తక్కువగా ఉంటుంది. ఏది ఏమైనప్పటికీ, ఒక వస్తువు యొక్క గతిశక్తి మరి స్థితిశక్తుల మొత్తం అన్ని బిందువుల వద్ద ఒకే విధంగా ఉంటుంది. అంటే

స్థితిశక్తి + గతిశక్తి = స్థిరం

లేదా

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 = \text{స్థిరాంకం} \qquad (10.7)$$

ఒక వస్తువు యొక్క మొత్తం యాంత్రిక శక్తి అంటే ఆ వస్తువు యొక్క గతిశక్తి మరియు స్థితిశక్తుల మొత్తం.

వస్తువు స్వేచ్ఛా పతన సమయంలో, దాని మార్గంలో ఏ సమయంలోనైనా స్థితిశక్తిలో తగ్గుదల, గతిశక్తిలో సమానమైన పెరుగుదలగా కనిపిస్తుంది. (ఇక్కడ గమనంలో వున్న వస్తువుపై గాలి నిరోధమును పరిగణించబడలేదు). స్థితిశక్తి గతిశక్తిగా నిరంతరం మారుతుంది. అందువలన గురుత్వాకర్షణ సంభావ్య శక్తి గతిశక్తిగా నిరంతరంగా రూపాంతరం చెందుతుంది.

Activity 10.15

- An object of mass 20 kg is dropped from a height of 4 m. Fill in the blanks in the following table by computing the potential energy and kinetic energy in each case.

Height at which object is located m	Potential energy (E_p= mgh) J	Kinetic energy (E_k = $mv^2/2$) J	$E_p + E_k$ J
4			
3			
2			
1			
Just above the ground			

- For simplifying the calculations, take the value of g as 10 m s^{-2}.

Think it over !

What would have happened if nature had not allowed the transformation of energy? There is a view that life could not have been possible without transformation of energy. Do you agree with this?

10.3 Rate of Doing Work

Do all of us work at the same rate? Do machines consume or transfer energy at the same rate? Agents that transfer energy do work at different rates. Let us understand this from the following activity:

Activity 10.16

- Consider two children, say A and B. Let us say they weigh the same. Both start climbing up a rope separately. Both reach a height of 8 m. Let us say A takes 15 s while B takes 20 s to accomplish the task.
- What is the work done by each?
- The work done is the same. However, A has taken less time than B to do the work.
- Who has done more work in a given time, say in 1 s?

A stronger person may do certain work in relatively less time. A more powerful vehicle would complete a journey in a shorter time than a less powerful one. We talk of the power of machines like motorbikes and motorcars. The speed with which these vehicles change energy or do work is a basis for their classification. Power measures the speed of work done, that is, how fast or slow work is done. Power is defined as the rate of doing work or the rate of transfer of energy. If an agent does a work W in time t, then power is given by:

Power = work/time

or $$P = \frac{W}{t} \qquad (10.8)$$

The unit of power is watt [in honour of James Watt (1736 – 1819)] having the symbol W. 1 watt is the power of an agent, which does work at the rate of 1 joule per second. We can also say that power is 1 W when the rate of consumption of energy is 1 J s^{-1}.

1 watt = 1 joule/second or 1 W = 1 J s^{-1}.

We express larger rates of energy transfer in kilowatts (kW).

1 kilowatt = 1000 watts
1 kW = 1000 W
1 kW = 1000 J s^{-1}.

The power of an agent may vary with time. This means that the agent may be doing work at different rates at different intervals of time. Therefore the concept of average power is useful. We obtain average power by dividing the total energy consumed by the total time taken.

Example 10.7 Two girls, each of weight 400 N climb up a rope through a height of 8 m. We name one of the girls A and the other B. Girl A takes 20 s while B takes 50 s to accomplish this task. What is the power expended by each girl?

Solution:

(i) Power expended by girl A:
Weight of the girl, mg = 400 N
Displacement (height), h = 8 m

కృత్యం ---------------------- 10.15

- 20 కి. గ్రా. ద్రవ్యరాశి గల ఒక వస్తువు 4 మీటర్ల ఎత్తు నుండి స్వేచ్ఛగా వదిలి వేయబడింది. క్రింది పట్టికలో ఇవ్వబడిన వివిధసందర్భాల్లోదాని స్థితిశక్తి, గతిశక్తినికనుగొనిపట్టికలోని ఖాళీలను పూరించండి.

వస్తువు ఉన్న ఎత్తు (h) m	స్థితిశక్తి (E_p= mgh) J	గతిశక్తి (E_k = $mv^2/2$) J	మొత్తం (E_p + E_k) J
4			
3			
2			
1			
నేలకు కొంచెంపైన			

- సులభంగా లెక్కించుటకు g =10 మీ. $సె^{-2}$ తీసుకొందాం.

ఒకసారి ఆలోచించండి !

శక్తి యొక్క రూపాంతరాలను ప్రకృతి అనుమతించకపోతే ఏమి జరిగేది? శక్తి రూపాంతరం లేకుండా జీవితం సాధ్యం కాదని ఒక అభిప్రాయం ఉంది. మీరు దీన్ని అంగీకరిస్తారా?

10.3 పని చేసే రేటు

మనమందరం ఒకే రేటుతో పని చేస్తామా? యంత్రాలు ఒకే రేటుతో శక్తిని వినియోగిస్తాయా లేదా బదిలీ చేస్తాయా? నిర్దేశకుడు వివిధ రేట్లతో పనిచేయుట కొరకు శక్తిని బదిలీ చేస్తాడు. క్రింది కృత్యం ద్వారా ఈ విషయాన్ని అర్థం చేసుకుందాం.

కృత్యం ---------------------- 10.16

- A, B అనే ఇద్దరు పిల్లలను పరిగణిద్దాం. వారిద్దరూ ఒకే బరువుతో వున్నారు అనుకుందాం. ఇద్దరు తాడుపైకి ఎక్కడం ప్రారంభించారు. ఇద్దరు 8 మీ. ఎత్తుకు చేరుకున్నారు. A ఈ పనిని చేయడానికి 15సె. తీసుకుంటే B 20సె. తీసుకున్నారు అని అనుకుందాం.
- ఒక్కొక్కరు చేసిన పని ఎంత?
- జరిగిన పని ఒకటే అయినప్పటికి ఆ పని చేయడానికి A కు B కంటే తక్కువ సమయం పట్టింది.
- ఇచ్చిన ఒక సెకను సమయంలో ఎవరు ఎక్కువ పని చేశారు?

ఒక బలమైన వ్యక్తి నిర్దిష్ట పనిని సాపేక్షంగా తక్కువ కాలవ్యవధిలో పూర్తి చేయగలడు. ఎక్కువ శక్తివంతమైన వాహనం తక్కువ శక్తివంతమైన వాహనం కంటే తక్కువ కాలవ్యవధిలో ప్రయాణాన్ని పూర్తి చేస్తుంది. మనం మోటార్ బైక్‌లు మరియు మోటార్ కార్లు వంటి యంత్రాల యొక్క శక్తిని గురించి మాట్లాడుదాం. ఈ వాహనాలు మార్చుకునే శక్తి మరియు పనిచేసే వేగం వాటి వర్గీకరణకు ఆధారం. సామర్థ్యం అనేది పనిచేసే వేగానికి కొలబద్ధ. అంటే ఎంత త్వరగా లేదా నెమ్మదిగా పని జరిగిందో తెలియజేస్తుంది. పని జరిగే రేటు లేదా శక్తి బదిలీ రేటునే "సామర్థ్యం" అంటాం. ఒక యంత్రం t కాలంలో W పనిచేస్తే దాని సామర్థ్యాన్ని ఈ విధంగా సూచిస్తాం.

సామర్థ్యము = పని / కాలం

లేదా $$P = \frac{W}{t} \qquad (10.8)$$

సామర్థ్యానికి ప్రమాణం వాట్. (జేమ్స్ వాట్ గౌరవార్థం (1736– 1819)] దీనిని W తో సూచిస్తాం. ఒక సెకనులో ఒక జౌలు పని చేయగల యంత్ర సామర్థ్యం ఒక వాట్ అవుతుంది. శక్తి వినియోగం రేటు ఒక జౌల్.$సెకన్^{-1}$ అయితే సామర్థ్యం ఒక వాట్ అని చెప్పవచ్చు.

ఒక వాట్ = 1 జౌల్/ సెకన్ లేదా 1 W = 1 J s^{-1}.

ఎక్కువ రేటులలో శక్తి బదిలీ అయితే కిలోవాట్లలో (kW) కొలుస్తాం.

1 కిలోవాట్ = 1000 వాట్

1 kW = 1000 W

1 kW = 1000 J s^{-1}.

యంత్రాల సామర్థ్యం కాలానుగుణంగా మారవచ్చు. దీని అర్థం యంత్రం వేరు వేరు కాల వ్యవధిలలో వేరు వేరు వేగాలతో పని చేయవచ్చు. అందువలన 'సగటు సామర్థ్యం' ఉపయోగకరంగా ఉంటుంది. వినియోగించిన మొత్తం శక్తిని తీసుకున్న మొత్తం సమయంతో విభజించడం ద్వారా సగటు సామర్థ్యాన్ని పొందుతాము.

ఉదాహరణ 10.7 ఇద్దరు బాలికలు ఒక్కొక్కరి బరువు 400 N, 8 మీటర్ల ఎత్తు గల ఒక తాడును ఎక్కారు. ఇరువురిలో ఒకరు A అని మరొకరు B అని అనుకుందాం. పనిని పూర్తి చేయడానికి బాలిక A 20 సెకనులు తీసుకుంటే బాలిక B 50 సెకనులు తీసుకుంది. ఒక్కొక్క బాలిక ఖర్చు చేసిన సామర్థ్యం ఎంత?

సాధన:

(1) బాలిక A ఖర్చు చేసిన సామర్థ్యం

బాలిక బరువు mg = 400 N

స్థానభ్రంశం (ఎత్తు) h = 8 m

Time taken, $t = 20$ s
From Eq. (10.8),

Power, P = Work done / time taken

$$= \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{400\ \text{N} \times 8\ \text{m}}{20\ \text{s}}$$

$$= 160\ \text{W}.$$

(ii) Power expended by girl B:
Weight of the girl, $mg = 400$ N
Displacement (height), $h = 8$ m
Time taken, $t = 50$ s

$$\text{Power, } P = \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{400\ \text{N} \times 8\ \text{m}}{50\ \text{s}}$$

$$= 64\ \text{W}.$$

Power expended by girl A is 160 W.
Power expended by girl B is 64 W.

Example 10.8 A boy of mass 50 kg runs up a staircase of 45 steps in 9 s. If the height of each step is 15 cm, find his power. Take $g = 10\ \text{m s}^{-2}$.

Solution:

Weight of the boy,
$mg = 50\ \text{kg} \times 10\ \text{m s}^{-2} = 500\ \text{N}$
Height of the staircase,
$h = 45 \times 15 / 100\ \text{m} = 6.75\ \text{m}$
Time taken to climb, $t = 9$ s
From Eq. (10.8),

power, P = Work done / time taken

$$= \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{500\ \text{N} \times 6.75\ \text{m}}{9\ \text{s}}$$

$$= 375\ \text{W}.$$

Power is 375 W.

Questions

1. *What is power?*
2. *Define 1 watt of power.*
3. *A lamp consumes 1000 J of electrical energy in 10 s. What is its power?*
4. *Define average power.*

Activity 10.17

- Take a close look at the electric meter installed in your house. Observe its features closely.
- Take the readings of the meter each day at 6.30 am and 6.30 pm.
- Do this activity for about a week.
- How many 'units' are consumed during day time?
- How many 'units' are used during night?
- Tabulate your observations.
- Draw inferences from the data.
- Compare your observations with the details given in the monthly electricity bill (One can also estimate the electricity to be consumed by specific appliances by tabulating their known wattages and hours of operation).

తీసుకున్న కాలం సమీకరణం t = 20 సె

సమీకరణం 10.8 నుండి

సామర్థ్యం P = జరిగిన పని / తీసుకున్న కాలం

$$= \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{400 \text{ న్యూటన్లు} \times 8 \text{ మీ.}}{20 \text{ సెకన్లు}}$$

= 160 వాట్లు

(2) బాలిక B ఖర్చు చేసిన సామర్థ్యం

బాలిక బరువు mg = 400 న్యూటన్లు

స్థానభ్రంశం(ఎత్తు)h = 8 మీటర్లు

తీసుకున్న కాలం t = 50 సెకన్లు

$$\text{సామర్థ్యం } P = \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{400 \text{ న్యూటన్లు} \times 8 \text{ మీ.}}{50 \text{ సెకన్లు}}$$

= 64 వాట్లు

బాలిక A ఖర్చు చేసిన సామర్థ్యం = 160 వాట్‌లు

బాలిక B ఖర్చు చేసిన సామర్థ్యం = 64 వాట్‌లు

ఉదాహరణ 10.8 50 కిలోల బరువున్న ఒక బాలుడు 9 సెకన్లలో 45 మెట్ల పైకి పరిగెత్తాడు. ప్రతి మెట్టు ఎత్తు 15 సెం.మీ. ఉంటే అతని సామర్థ్యం కనుగొనండి. g = 10 మీ.సె.$^{-2}$ గా తీసుకోండి.

సాధన :

బాలుడి బరువు

mg = 50 కి.గ్రా. × 10 మీటర్/సెకెను$^{-2}$ = 500 న్యూటన్లు

మెట్ల యొక్క ఎత్తు

h = 45 × 15/100 మీ = 6.75 మీ.

ఎక్కడానికి తీసుకున్న కాలం t = 9 సె.

సమీకరణం (10.8) నుండి

సామర్థ్యం P = జరిగిన పని/ తీసుకున్న కాలం

$$= \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{500 \text{ న్యూటన్లు} \times 6.75 \text{ మీ.}}{9 \text{ సెకన్లు}}$$

= 375 వాట్‌లు

సామర్థ్యం 375 వాట్‌లు

ప్రశ్నలు

1. సామర్థ్యం అంటే ఏమిటి?

2. ఒక వాట్ సామర్థ్యం ను నిర్వచించండి.

3. ఒక బల్బు 10 సెకనులలో 1000 జౌళ్ళ విద్యుత్ శక్తిని వినియోగిస్తుంది. దాని సామర్థ్యం ఎంత?

4. సగటు సామర్థ్యం ను నిర్వచించండి?

కృత్యం ------------------ *10.17*

- మీ ఇంటిలో అమర్చిన విద్యుత్ మీటర్‌ను నిశితంగా పరిశీలించండి. దాని లక్షణాలను నిశితంగా పరిశీలించండి.
- ప్రతిరోజు ఉదయం 6.30, సాయంత్రం 6.30 గంటలకు విద్యుత్ మీటర్ రీడింగులను తీసుకోండి.
- ఒక వారం పాటు ఈ కృత్యాన్ని చేయండి.
- పగటిపూట ఎన్ని 'యూనిట్లు' వినియోగించబడ్డాయి.
- రాత్రి సమయంలో ఎన్ని యూనిట్లు ఉపయోగించ బడ్డాయి.
- మీ పరిశీలనలను పట్టికలో నమోదు చేయండి.
- ఈ సమాచారం నుండి అవగాహనను పొందండి.
- నెలవారి విద్యుత్ బిల్లులో ఇచ్చిన వివరములతో మీ పరిశీలనలను పోల్చండి. (నిర్దిష్టమైన ఉపకరణాలపై తెలిపిన ఓల్టేజ్ మరియు పని గంటలను పట్టికగా రాయడం ద్వారా అవి వినియోగించుకునే విద్యుత్తును ఎవరైనా అంచనా వేయవచ్చును)

What you have learnt

- Work done on an object is defined as the magnitude of the force multiplied by the distance moved by the object in the direction of the applied force. The unit of work is joule: 1 joule = 1 newton $\times$ 1 metre.
- Work done on an object by a force would be zero if the displacement of the object is zero.
- An object having capability to do work is said to possess energy. Energy has the same unit as that of work.
- An object in motion possesses what is known as the kinetic energy of the object. An object of mass, *m* moving with velocity *v* has a kinetic energy of $\frac{1}{2}mv^2$.
- The energy possessed by a body due to its change in position or shape is called the potential energy. The gravitational potential energy of an object of mass, *m* raised through a height, *h* from the earth's surface is given by *m g h*.
- According to the law of conservation of energy, energy can only be transformed from one form to another; it can neither be created nor destroyed. The total energy before and after the transformation always remains constant.
- Energy exists in nature in several forms such as kinetic energy, potential energy, heat energy, chemical energy etc. The sum of the kinetic and potential energies of an object is called its mechanical energy.
- Power is defined as the rate of doing work. The SI unit of power is watt. 1 W = 1 J/s.

Exercises

1. Look at the activities listed below. Reason out whether or not work is done in the light of your understanding of the term 'work'.
   - Suma is swimming in a pond.
   - A donkey is carrying a load on its back.
   - A wind-mill is lifting water from a well.
   - A green plant is carrying out photosynthesis.
   - An engine is pulling a train.

మీరు ఏం నేర్చుకున్నారు

- బలపరిమాణం మరియు బల ప్రయోగ దిశలో వస్తువు ప్రయాణించిన దూరాల లబ్దాన్ని వస్తువుపై జరిగిన పనిగా నిర్వచిస్తాము.
  పని యొక్క ప్రమాణం జౌల్. ఒక జౌల్ = 1 న్యూటన్ × 1 మీటర్.
- ఒక వస్తువు యొక్క స్థానభ్రంశం శూన్యం అయితే ఆ వస్తువుపై బలం చేసిన పని శూన్యం.
- పని చేయగల సామర్థ్యం వున్న వస్తువు శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. శక్తికి, పనికి ఒకటే ప్రమాణం.
- గమనంలో ఉండే వస్తువు గతిశక్తిని కలిగి ఉంటుంది. m ద్రవ్యరాశి v వేగం గల వస్తువు గతిశక్తి $\frac{1}{2}mv^2$ ని కలిగి ఉంటుంది.
- స్థానం లేదా ఆకారంలో మార్పు కారణంగా వస్తువు కలిగి ఉన్న శక్తిని స్థితిశక్తి అంటారు. m ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు భూమి ఉపరితలం నుండి h ఎత్తుకు ఎత్తబడితే ఆ వస్తువుకి ఉన్న గురుత్వాకర్షణ స్థితిశక్తి $m\,g\,h$.
- శక్తి నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం శక్తి ఒక రూపం నుండి మరొక రూపానికి రూపాంతరం మాత్రమే చెందుతుంది. శక్తి సృష్టించబడదు. నాశనం చేయబడదు. మొత్తం శక్తి రూపాంతరానికి ముందు రూపాంతరం తర్వాత ఎల్లప్పుడూ స్థిరంగా ఉంటుంది.
- శక్తి అనేక రూపాలలో ప్రకృతిలో ఉంటుంది. అవి గతిజశక్తి, స్థితిశక్తి, ఉష్ణశక్తి, రసాయనిక శక్తి మొదలగునవి. ఒక వస్తువు యొక్క గతిశక్తి, స్థితిశక్తుల మొత్తాన్ని యాంత్రికశక్తి అంటాము.
- పని జరిగే రేటును సామర్థ్యం అంటాం. సామర్థ్యం యొక్క ప్రమాణం వాట్.
  ఒక వాట్ = 1జౌల్ / 1సెకను.

అభ్యాసాలు

1. ఈ క్రింద ఇవ్వబడిన కార్యకలాపాలను చూడండి.'పని' పై మీకున్న అవగాహనను దృష్టిలో ఉంచుకొని పని జరిగిందా లేదా గుర్తించి కారణాలను తెల్పండి.
   - సుమ చెరువులో ఈత కొడుతోంది.
   - ఒక గాడిద తన వీపుపై బరువును మోస్తోంది.
   - గాలిమర ఒక బావి నుండి నీటిని తోడుతుంది.
   - ఒక ఆకు పచ్చని మొక్క కిరణజన్య సంయోగ క్రియను జరుపుతోంది.
   - ఒక ఇంజన్ రైలును లాగుతుంది.

- Food grains are getting dried in the sun.
- A sailboat is moving due to wind energy.

2. An object thrown at a certain angle to the ground moves in a curved path and falls back to the ground. The initial and the final points of the path of the object lie on the same horizontal line. What is the work done by the force of gravity on the object?
3. A battery lights a bulb. Describe the energy changes involved in the process.
4. Certain force acting on a 20 kg mass changes its velocity from 5 m s^{-1} to 2 m s^{-1}. Calculate the work done by the force.
5. A mass of 10 kg is at a point A on a table. It is moved to a point B. If the line joining A and B is horizontal, what is the work done on the object by the gravitational force? Explain your answer.
6. The potential energy of a freely falling object decreases progressively. Does this violate the law of conservation of energy? Why?
7. What are the various energy transformations that occur when you are riding a bicycle?
8. Does the transfer of energy take place when you push a huge rock with all your might and fail to move it? Where is the energy you spend going?
9. A certain household has consumed 250 units of energy during a month. How much energy is this in joules?
10. An object of mass 40 kg is raised to a height of 5 m above the ground. What is its potential energy? If the object is allowed to fall, find its kinetic energy when it is half-way down.
11. What is the work done by the force of gravity on a satellite moving round the earth? Justify your answer.
12. Can there be displacement of an object in the absence of any force acting on it? Think. Discuss this question with your friends and teacher.
13. A person holds a bundle of hay over his head for 30 minutes and gets tired. Has he done some work or not? Justify your answer.
14. An electric heater is rated 1500 W. How much energy does it use in 10 hours?
15. Illustrate the law of conservation of energy by discussing the energy changes which occur when we draw a pendulum bob to one side and allow it to oscillate. Why does the bob

- ఎండలో ఆహారధాన్యాలు ఎండుతున్నాయి.
- పవనశక్తి కారణంగా తెరచాప పడవ కదులుతుంది.

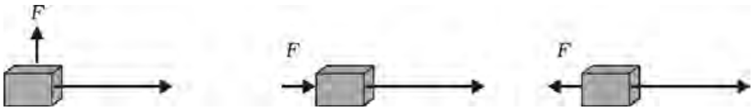
2. భూమికి నిర్దిష్ట కోణంలో ఒక వస్తువును విసిరినప్పుడు వక్రమార్గంలో చలించి తిరిగి భూమిని చేరుతుంది. ఆ వస్తువు యొక్క మార్గంలో తొలి మరియు తుది బిందువులు ఒకే క్షితిజరేఖపై వుంటాయి. ఆ వస్తువుపై గురుత్వాకర్షణ బలం చేసిన పని ఎంత?
3. బ్యాటరీ బల్బును వెలిగిస్తుంది. ఈ ప్రక్రియలో జరిగే శక్తి మార్పులు వివరించండి.
4. నిర్దిష్ట బలం ఒక 20 కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశి పై పనిచేసి దాని వేగాన్ని 5 మీ/సె నుండి 2 మీ/సె కి మార్చినది. బలం చేసిన పనిని లెక్కించండి.
5. బల్లమీద బిందువు A దగ్గర 10 కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశి ఉంది. అది బిందువు B వద్దకు కదిలింది. బిందువు A మరియు బిందువు B లను కలిపే రేఖ క్షితిజ సమాంతరంగా ఉంటే వస్తువుపై గురుత్వాకర్షణ బలం ఎంత పని చేస్తుంది? మీ సమాధానాన్ని వివరించండి.
6. స్వేచ్ఛగా పతనం అవుతున్న వస్తువు యొక్క స్థితిశక్తి క్రమంగా తగ్గుతుంది. ఇది శక్తి నిత్యత్వ నియమాన్ని ఉల్లంఘిస్తుందా? ఎందుకు?
7. మీరు సైకిల్‌ను నడుపుతున్నప్పుడు సంభవించే వివిధ రకాల శక్తి పరివర్తనాలు ఏవి?
8. మీరు మీ శక్తితో భారీ బండను నెట్టినప్పటికీ దానిని కదిలించడంలో విఫలమైనప్పుడు శక్తి ఎక్కడకు వెళుతుంది?
9. ఒక వినియోగదారుడు ఒక నెలలో 250 యూనిట్ల శక్తిని వినియోగించాడు. జౌళ్ళ లో దీని శక్తి ఎంత?
10. 40 కి.గ్రా. ద్రవ్యరాశి గల వస్తువు భూమికి 5 మీ ఎత్తుకు ఎత్తబడింది. దాని స్థితిశక్తి ఎంత? ఆ వస్తువును పడేటట్లు చేస్తే మార్గమధ్యములో ఉన్నప్పుడు దాని గతిశక్తిని కనుక్కోండి?
11. భూమి చుట్టూ తిరుగుతున్న ఉపగ్రహం పై గురుత్వాకర్షణ బలం చేసిన పని ఎంత? మీ సమాధానాన్ని సమర్థించండి.
12. ఒక వస్తువుపై ఎటువంటి బలం ప్రయోగించనప్పుడు ఆ వస్తువుకు స్థానభ్రంశం ఉంటుందా? ఆలోచించండి. ఈ ప్రశ్నను మీ స్నేహితులు మరియు ఉపాధ్యాయులతో చర్చించండి.
13. ఒక వ్యక్తి తన తలపై 30 నిమిషాల పాటు ఎండు గడ్డి కట్టలను పెట్టుకొని అలసిపోయాడు. అతను ఏదైనా పని చేశాడా లేదా? సమర్థించండి.
14. ఎలక్ట్రిక్ హీటర్ 1500 W సామర్థ్యం గలది, 10 గంటలలో ఎంత శక్తిని వినియోగిస్తుంది.?
15. లోలకపు బంతిని ఒక వైపుకు లాగి దానిని డోలనం చెందేటట్లు చేసినప్పుడు సంభవించే శక్తి మార్పులను చర్చించడం ద్వారా శక్తి నిత్యత్వ నియమాన్ని వివరించండి. చివరికి బంతి విశ్రాంతి

eventually come to rest? What happens to its energy eventually? Is it a violation of the law of conservation of energy?

16. An object of mass, m is moving with a constant velocity, v. How much work should be done on the object in order to bring the object to rest?

17. Calculate the work required to be done to stop a car of 1500 kg moving at a velocity of 60 km/h?

18. In each of the following a force, F is acting on an object of mass, m. The direction of displacement is from west to east shown by the longer arrow. Observe the diagrams carefully and state whether the work done by the force is negative, positive or zero.



19. Soni says that the acceleration in an object could be zero even when several forces are acting on it. Do you agree with her? Why?

20. Find the energy in joules consumed in 10 hours by four devices of power 500 W each.

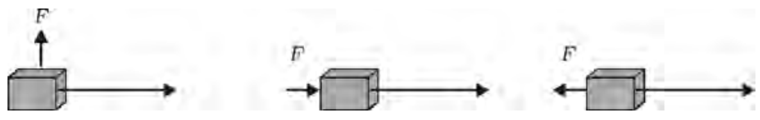
21. A freely falling object eventually stops on reaching the ground. What happenes to its kinetic energy?

స్థితికి ఎందుకు వస్తుంది? దాని శక్తి చివరికి ఏమవుతుంది? ఇది శక్తి నిత్యత్వ నియమాన్ని ఉల్లంఘించడమేనా ?

16. వస్తువు ద్రవ్యరాశి m స్థిరమైన వేగం v తో కదులుతుంది. వస్తువును విరామ స్థితికి తీసుకురావడానికి వస్తువుపై ఎంత పని జరగాలి?

17. 1500 కి.గ్రా. కారు 60 కి.మీ./గం వేగంతో కదులుతున్నది. కారును ఆపడానికి చేయవలసిన పనిని లెక్కించండి?

18. ఈ క్రింది వాటిలో m ద్రవ్యరాశి గల వస్తువుపై F బలం ప్రయోగించబడినది. స్థానభ్రంశం S యొక్క దిశ పడమర నుండి తూర్పు వైపుకు పొడవైన బాణపు గుర్తు ద్వారా చూపబడుతుంది. పటాలను జాగ్రత్తగా గమనించండి. బలం చేసిన పని ఋణాత్మకమైనదా, ధనాత్మకమైనదా లేదా శూన్యమా పేర్కొనండి.



19. “ఒక వస్తువుపై అనేక బలాలు పనిచేసినప్పటికీ కూడా దాని త్వరణం సున్నా అవ్వవచ్చు” అని సోని చెప్పింది. మీరు ఆమెతో ఏకీభవిస్తారా? ఎందుకు?

20. ఒక్కొక్కటి 500 వాట్స్ సామర్థ్యం కలిగిన నాలుగు పరికరాలు 10 గంటలలో ఎంత శక్తిని వినియోగిస్తాయో జౌళ్లలో కనుక్కోండి?

21. స్వేచ్ఛగా పతనమౌతున్న వస్తువు భూమిని చేరుకోవడంతో ఆగిపోతుంది. అప్పుడు దాని గతిశక్తి ఏమవుతుంది?

Chapter 11

SOUND

Everyday we hear sounds from various sources like humans, birds, bells, machines, vehicles, televisions, radios etc. Sound is a form of energy which produces a sensation of hearing in our ears. There are also other forms of energy like mechanical energy, light energy, etc. We have talked about mechanical energy in the previous chapters. You have been taught about conservation of energy, which states that we can neither create nor destroy energy. We can just change it from one form to another. When you clap, a sound is produced. Can you produce sound without utilising your energy? Which form of energy did you use to produce sound? In this chapter we are going to learn how sound is produced and how it is transmitted through a medium and received by our ears.

11.1 Production of Sound

Activity 11.1

- Take a tuning fork and set it vibrating by striking its prong on a rubber pad. Bring it near your ear.
- Do you hear any sound?
- Touch one of the prongs of the vibrating tuning fork with your finger and share your experience with your friends.
- Now, suspend a table tennis ball or a small plastic ball by a thread from a support [Take a big needle and a thread, put a knot at one end of the thread, and then with the help of the needle pass the thread through the ball]. Touch the ball gently with the prong of a vibrating tuning fork (Fig. 11.1).
- Observe what happens and discuss with your friends.

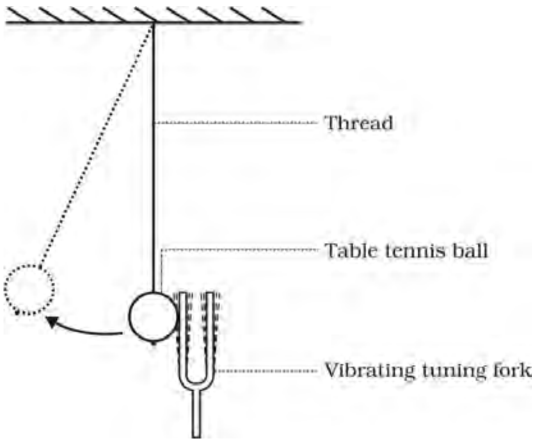


Fig. 11.1: Vibrating tuning fork just touching the suspended table tennis ball.

Activity 11.2

- Fill water in a beaker or a glass up to the brim. Gently touch the water surface with one of the prongs of the vibrating tuning fork, as shown in Fig. 11.2.
- Next dip the prongs of the vibrating tuning fork in water, as shown in Fig. 11.3.
- Observe what happens in both the cases.
- Discuss with your friends why this happens.

Fig. 11.2: One of the prongs of the vibrating tuning fork touching the water surface.

అధ్యాయం 11

L1H2Y9

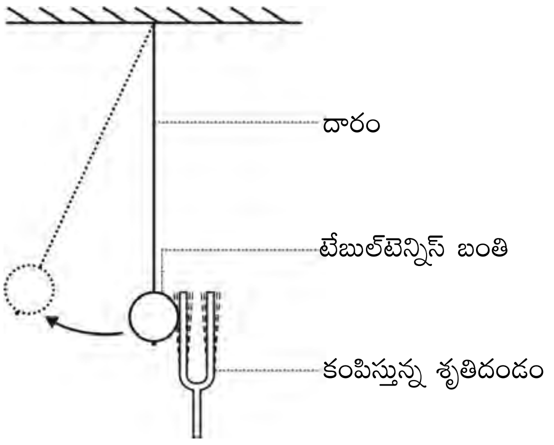
ధ్వని

మనం ప్రతిరోజూ మనుషులు, పక్షులు, గంటలు, యంత్రాలు, వాహనాలు, టెలివిజన్లు, రేడియోలు మొదలగు వివిధ ధ్వని జనకాల నుండి ధ్వనులను వింటూ ఉంటాం. ధ్వని అనేది మన చెవులలో వినికిడి అనుభూతిని కలిగించే ఒక శక్తి స్వరూపం. యాంత్రిక శక్తి, కాంతి శక్తి లాంటి వేరే శక్తి రూపాలు కూడా కలవు. గత తరగతులలో మనం యాంత్రిక శక్తి గురించి మాట్లాడుకున్నాం. మీకు శక్తి నిత్యత్వం గురించి అనగా శక్తిని సృష్టించలేము మరియు నాశనం చేయలేము వంటి వాటి గురించి బోధించడం జరిగింది. మనం కేవలం శక్తిని ఒక రూపం నుండి మరొక రూపానికి మార్చగలం. మీరు చప్పట్లు కొట్టినప్పుడు, ధ్వని ఉత్పత్తి అవుతుంది. మీరు మీ శక్తిని ఉపయోగించకుండా ధ్వని ఉత్పత్తి చేయగలరా? ఏ శక్తి రూపాన్ని ఉపయోగించి ధ్వనిని ఉత్పత్తి చేయగలరు? ఈ పాఠంలో మనం ధ్వని ఏ విధంగా ఉత్పత్తి అవుతుంది, యానకం ద్వారా అది ఏ విధంగా ప్రసారం జరుగుతుంది మరియు మన చెవులు ఆ ధ్వనిని ఎలా గ్రహిస్తాయి వంటి విషయాలను నేర్చుకోబోతున్నాం.

11.1 ధ్వని ఉత్పత్తి

కృత్యం ------------------ 11.1

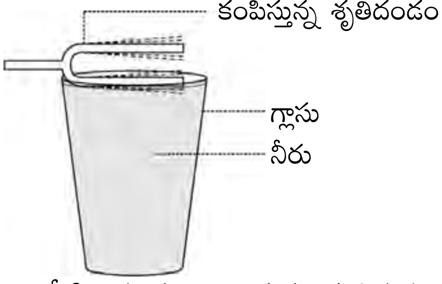
- ఒక శృతి దండాన్ని తీసుకొని దాని భుజాన్ని రబ్బరు అట్టపై కొట్టడం ద్వారా దానిని కంపించేట్టు చేయండి. మీ చెవికి దగ్గరగా తీసుకురండి.
- మీకు ధ్వని ఏదైనా వినిపించిందా?
- కంపిస్తున్న శృతిదండం యొక్క భుజాన్ని మీ వేలుతో తాకండి. మీ అనుభవాన్ని స్నేహితులతో పంచుకోండి.
- ఇప్పుడు ఒక టేబుల్ టెన్నిస్ బంతిని లేదా ఒక చిన్న ప్లాస్టిక్ బంతిని ఒక దారం సహాయంతో వేలాడదీయండి. ఒక పెద్ద సూదిని మరియు ఒక దారాన్ని తీసుకొని ఒక వైపున ముడివేసి దారాన్ని సూది సహాయంతో బంతి గుండా పోనివ్వండి. కంపిస్తున్న శృతి దండం యొక్క భుజాన్ని నెమ్మదిగా బంతికి తాకే విధంగా చేయండి. (పటం 11.1)
- ఏం జరుగుతుందో గమనించండి, మీ స్నేహితులతో చర్చించండి.



పటం 11.1 వేలాడదీసిన టేబుల్ టెన్నిస్ బంతిని తాకుతున్న కంపిస్తున్న శృతి దండం

కృత్యం ------------------ 11.2

- ఒక బీకరులో గానీ లేదా గ్లాసులో గాని దాని అంచు వరకు నీటితో నింపండి. పటం 11.2లో చూపిన విధంగా కంపిస్తున్న శృతి దండం యొక్క ఒక భుజాన్ని నీటి ఉపరితలం తాకే విధంగా ఉంచండి.
- తరువాత పటం 11.3లో చూపిన విధంగా కంపిస్తున్న శృతి దండం యొక్క భుజాన్ని నీటిలో మునిగేటట్లు చేయండి.
- రెండు సందర్భాల్లో ఏమి జరుగిందో గమనించండి.
- ఇలా ఎందుకు జరుగుతుందో మీ స్నేహితులతో చర్చించండి.



పటం 11.2 : నీటి ఉపరితలాన్ని తాకుతూ కంపిస్తున్న శృతిదండం యొక్క ఒక భుజం

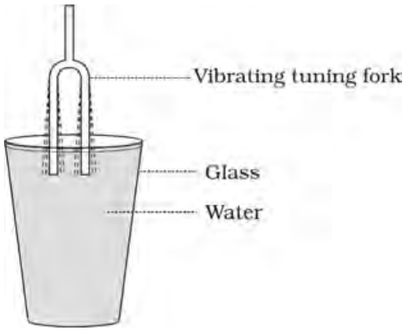


Fig. 11.3: Both the prongs of the vibrating tuning fork dipped in water

From the above activities what do you conclude? Can you produce sound without a vibrating object?

In the above activities we have produced sound by striking the tuning fork. We can also produce sound by plucking, scratching, rubbing, blowing or shaking different objects. As per the above activities what do we do to the objects? We set the objects vibrating and produce sound. Vibration means a kind of rapid to and fro motion of an object. The sound of the human voice is produced due to vibrations in the vocal cords. When a bird flaps its wings, do you hear any sound? Think how the buzzing sound accompanying a bee is produced. A stretched rubber band when plucked vibrates and produces sound. If you have never done this, then do it and observe the vibration of the stretched rubber band.

Activity ______________ 11.3

- Make a list of different types of musical instruments and discuss with your friends which part of the instrument vibrates to produce sound.

11.2 Propagation of Sound

Sound is produced by vibrating objects. The matter or substance through which sound is transmitted is called a medium. It can be solid, liquid or gas. Sound moves through a medium from the point of generation to the listener. When an object vibrates, it sets the particles of the medium around it vibrating. The particles do not travel all the way from the vibrating object to the ear. A particle of the medium in contact with the vibrating object is first displaced from its equilibrium position. It then exerts a force on the adjacent particle. As a result of which the adjacent particle gets displaced from its position of rest. After displacing the adjacent particle the first particle comes back to its original position. This process continues in the medium till the sound reaches your ear. The disturbance created by a source of sound in the medium travels through the medium and not the particles of the medium.

A wave is a disturbance that moves through a medium when the particles of the medium set neighbouring particles into motion. They in turn produce similar motion in others. The particles of the medium do not move forward themselves, but the disturbance is carried forward. This is what happens during propagation of sound in a medium, hence sound can be visualised as a wave. Sound waves are characterised by the motion of particles in the medium and are called mechanical waves.

Air is the most common medium through which sound travels. When a vibrating object moves forward, it pushes and compresses the air in front of it creating a region of high pressure. This region is called a compression (C), as shown in Fig. 11.4. This compression starts to move away from the vibrating object. When the vibrating object moves backwards, it creates a region of low pressure called rarefaction (R), as shown in Fig. 11.4. As the object moves back and forth rapidly, a series of compressions and rarefactions is created in the air. These make the sound wave that

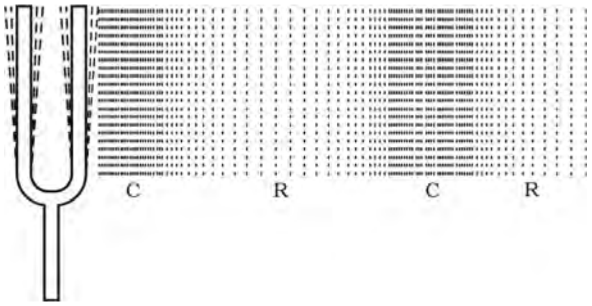
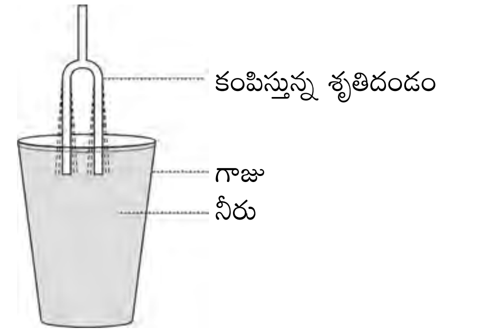


Fig. 11.4: A vibrating object creating a series of compressions (C) and rarefactions (R) in the medium.



పటం 11.3 : *నీటిలో మునిగి కంపిస్తున్న శృతిదండం యొక్క రెండు భుజాలు*

పై కృత్యాలనుండి మీరు ఏమి తెలుసుకున్నారు? మీరు ధ్వనిని వస్తువు కంపించకుండా ఉత్పత్తి చేయగలరా?

పై రెండు కృత్యాలలో మనం శృతిదండాన్ని తట్టడం ద్వారా ధ్వని ఉత్పత్తి చేయగలిగాం. మనం వివిధ రకాల వస్తువులను లాగటం, గీకటం, రుద్దటం, ఊదడం లేదా కదిలించడం ద్వారా కూడా ధ్వనిని ఉత్పత్తి చేయవచ్చు. పై కృత్యాల ప్రకారం మనం వస్తువులను ఏమి చేస్తున్నాం? మనం వస్తువులను కంపింపచేస్తే ధ్వని ఉత్పత్తి అవుతుంది. కంపనము అనగా వస్తువును వేగంగా ముందుకూ వెనుకకూ కదిలించడం. స్వరతంత్రులలోని కంపనాల వల్లనే మానవుని స్వరం నుంచి ధ్వని ఉత్పత్తి అవుతుంది. ఒక పక్షి తన రెక్కలను చరిచేటప్పుడు మీరు ఏదైనా ధ్వనిని వినగలిగారా? తేనెటీగతో పాటు వచ్చే సందడి చేసే ధ్వని ఎలా ఉత్పత్తి అవుతుందో ఆలోచించండి. సాగదీయబడిన ఒక రబ్బరు బ్యాండ్‌ను ఒకవైపు లాగి వదిలేస్తే అది కంపనాలు చేస్తూ ధ్వనిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. మీరు ఇలాంటివి ఇంతకుముందు ఎప్పుడూ చేయనట్లయితే ఇప్పుడు చేయండి. సాగదీయబడిన రబ్బరు బ్యాండ్‌లో కంపనాలను గమనించండి.

కృత్యం ------------------ 11.3

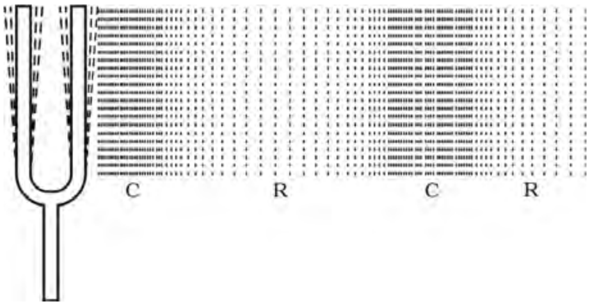
- వివిధ రకాల సంగీత వాయిద్యాల జాబితా తయారు చేయండి మరియు ఆ వాయిద్యాలలో ఏ భాగంలోని కంపనాల వలన ధ్వని ఉత్పత్తి అవుతుందో మీ స్నేహితులతో చర్చించండి.

11.2 ధ్వని ప్రసారం

కంపిస్తున్న వస్తువు నుండి ధ్వని ఉత్పత్తి అవుతుంది. ఏ పదార్థం లేక వస్తువు ద్వారా ధ్వని ప్రసారం అవుతుందో ఆ పదార్థాన్ని యానకం అంటారు. అది ఘన, ద్రవ లేదా వాయు పదార్థం కావచ్చు. ధ్వని ఉత్పత్తి స్థానం నుండి యానకం ద్వారా శ్రోతకు చేరుతుంది. వస్తువు కంపనాలు చేసేటప్పుడు అది తన చుట్టూ ఉన్న యానకములోని కణాలను కంపించేటట్లు చేస్తుంది. కణాలు ఒకేసారి కంపిస్తున్న వస్తువు నుండి ప్రయాణించి చెవిని చేరవు. కంపిస్తున్న వస్తువును తాకుతూ ఉన్న యానకంలోని కణం మొదటిగా తన సమతుల్య స్థానం నుంచి స్థానభ్రంశం చెందుతుంది. అది తరువాత తన పక్క కణంపై బలాన్ని ప్రయోగిస్తుంది. ఆ ఫలితంగా పక్కనున్న కణం తన విరామ స్థానము నుండి స్థానభ్రంశం చెందుతుంది. తన పక్క కణాన్ని స్థానభ్రంశం చెందించిన తర్వాత మొదటి కణం తన యధాస్థితిని తిరిగి చేరుతుంది. ధ్వని, నీ చెవిని చేరేవరకు యానకములో ఈ ప్రక్రియ కొనసాగుతూ ఉంటుంది. ధ్వని జనకం ద్వారా యానకంలో కలుగజేయబడిన అలజడి యానకం ద్వారా ప్రయాణిస్తుంది, కానీ యానకంలోని కణాల ద్వారా ప్రయాణించదు.

యానకములోని కణాలు తన చుట్టూ ఉన్న కణాలలో చలనం కలుగజేస్తూ, యానకం గుండా ప్రయాణించే అలజడే తరంగం. తర్వాత అవి ప్రక్క కణాలలో కూడా అదే కదలికను కలగజేస్తాయి. యానకంలోని కణాలు వాటంతట అవే ముందుకు వెళ్ళవు. కానీ అవి కలగజేసిన అలజడి యానకంలో ముందుకు వెళుతుంది. ఒక యానకం గుండా ధ్వని ప్రసరణ జరిగేటప్పుడు ఈ విధంగా జరుగుతుంది. అందువలననే మనం ధ్వనిని ఒక తరంగంలా చూడగలుగుతున్నాం. ధ్వని తరంగాలను యానకంలోని కణాల కదలికగా కాక శక్తి ప్రసారంగా అభివర్ణించవచ్చు. వాటిని యాంత్రిక తరంగాలు అనవచ్చు.

గాలి అనేది ధ్వని ప్రయాణించే అతి సామాన్య యానకం. ఒక కంపిస్తున్న వస్తువు ముందుకు కదిలితే అది గాలిలోని కణాలను నెట్టటం ద్వారా అధిక పీడన ప్రాంతాన్ని కలుగజేస్తుంది. పటం 11.4లో చూపిన విధంగా ఈ ప్రాంతాన్ని సంపీడనం (C)అంటారు. ఈ సంపీడనం కంపిస్తున్న వస్తువు నుండి దూరంగా జరగటం మొదలవుతుంది. పటం 11.4లో చూపిన విధంగా కంపిస్తున్న వస్తువు వెనుకకు జరిగినప్పుడు అది విరళీకరణము (R) అనే ఒక అల్పపీడన ప్రాంతాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. వస్తువు వేగంగా ముందుకి వెనక్కి కదిలించినప్పుడు సంపీడనాలు మరియు విరళీకరణాల శ్రేణి గాలిలో సృష్టించబడతాయి. ఇవి యానకం



పటం 11.4: *కంపిస్తున్న ఒక వస్తువు యానకంలో సంపీడనాలు (C), విరళీకరణాల (R) శ్రేణిని సృష్టించుట.*

propagates through the medium. Compression is the region of high pressure and rarefaction is the region of low pressure. Pressure is related to the number of particles of a medium in a given volume. More density of the particles in the medium gives more pressure and vice versa. Thus, propagation of sound can be visualised as propagation of density variations or pressure variations in the medium.

Question

1. *How does the sound produced by a vibrating object in a medium reach your ear?*
2. *Explain how sound is produced by your school bell.*
3. *Why are sound waves called mechanical waves?*
4. *Suppose you and your friend are on the moon. Will you be able to hear any sound produced by your friend?*

11.2.1 Sound waves are longitudinal waves

Activity _____________ 11.4

- Take a slinky. Ask your friend to hold one end. You hold the other end. Now stretch the slinky as shown in Fig. 11.5(a). Then give it a sharp push towards your friend.
- What do you notice? If you move your hand pushing and pulling the slinky alternatively, what will you observe?
- If you mark a dot on the slinky, you will observe that the dot on the slinky will move back and forth parallel to the direction of the propagation of the disturbance.

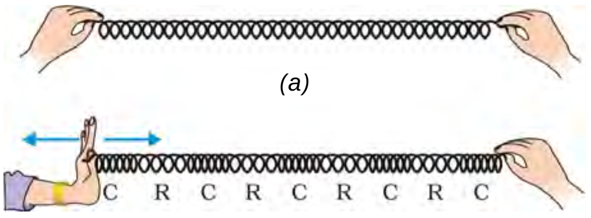


Fig. 11.5: Longitudinal wave in a slinky.

The regions where the coils become closer are called compressions (C) and the regions where the coils are further apart are called rarefactions (R). As we already know, sound propagates in the medium as a series of compressions and rarefactions. Now, we can compare the propagation of disturbance in a slinky with the sound propagation in the medium. These waves are called longitudinal waves. In these waves the individual particles of the medium move in a direction parallel to the direction of propagation of the disturbance. The particles do not move from one place to another but they simply oscillate back and forth about their position of rest. This is exactly how a sound wave propagates, hence sound waves are longitudinal waves.

There is also another type of wave, called a transverse wave. In a transverse wave particles do not oscillate along the direction of wave propagation but oscillate up and down about their mean position as the wave travels. Thus, a transverse wave is the one in which the individual particles of the medium move about their mean positions in a direction perpendicular to the direction of wave propagation. When we drop a pebble in a pond, the waves you see on the water surface is an example of transverse wave. Light is a transverse wave but for light, the oscillations are not of the medium particles or their pressure or density— it is not a mechanical wave. You will come to know more about transverse waves in higher classes.

11.2.2 Characteristics of a sound wave

We can describe a sound wave by its

- frequency
- amplitude and
- speed.

A sound wave in graphic form is shown in Fig. 11.6(c), which represents how density and pressure change when the sound wave moves in the medium. The density as well as the pressure of the medium at a given time varies with distance, above and below the average value of density and pressure. Fig. 11.6(a) and

గుండా ధ్వని ప్రసారం అయ్యేలా చేస్తాయి. సంపీడనం ఒక అధిక పీడనం గల ప్రాంతం మరియు విరళీకరణం ఒక అల్పపీడనం గల ప్రాంతం. పీడనం అనేది ఇవ్వబడిన ఘనపరిమాణంలో యానకంలో గల కణాల సంఖ్యకు సంబంధించినది. యానకంలో అధిక సాంద్రత గల కణాలు అధిక పీడనాన్ని కలుగజేస్తాయి మరియు అల్ప సాంద్రత గల కణాలు అల్పపీడనాన్ని కలుగజేస్తాయి. అందువల్ల యానకంలోని ధ్వని ప్రసారాన్ని సాంద్రత వ్యత్యాసాల ప్రసారం గాను లేదా పీడన వ్యత్యాసాల ప్రసారం గాను చూడవచ్చు.

ప్రశ్నలు

1. ఒక యానకంలో కంపిస్తున్న వస్తువు ద్వారా ఉత్పత్తి చేయబడిన ధ్వని మీ చెవులకు ఎలా చేరుతుంది?

2. మీ బడి గంట ధ్వని ఏవిధంగా ఉత్పత్తి చేస్తుందో వివరించండి?

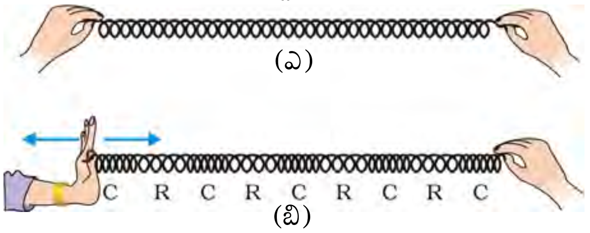
3. ధ్వని తరంగాలను ఎందుకు యాంత్రిక తరంగాలు అని అంటారు?

4. నీవు, నీ స్నేహితుడు చంద్రుని మీద ఉన్నారనుకోండి. నీ స్నేహితుడు చేసిన ధ్వనిని నీవు వినగలుగుతావా ?

11.2.1 ధ్వని తరంగాలు అను దైర్ఘ్య తరంగాలు

కృత్యం ------------------ 11.4

- ఒక స్ప్రింగ్ ను తీసుకోండి నీ స్నేహితుని దానిని ఒకవైపు పట్టుకోమనండి. మరోవైపు మీరు పట్టుకోండి. ఇప్పుడు పటం 11.5(ఎ)లో చూపిన విధంగా స్ప్రింగ్ ను సాగదీయండి. తరువాత వెంటనే మీ స్నేహితుని వైపు నెట్టండి.
- నీవు ఏమి గమనించావు? నీవు స్ప్రింగ్ ను ముందుకు నెట్టటం, వెనకకు లాగటం ద్వారా ఏమి గమనించావు?
- నీవు స్ప్రింగ్ పై ఒక చుక్కను గుర్తించినట్లయితే, ఆ చుక్క అలజడి యొక్క ప్రసార దిశకు సమాంతరంగా వెనకకు, ముందుకు కదలటం మీరు గమనించవచ్చు.



పటం 11.5: స్ప్రింగ్‌లో అనుదైర్ఘ్య తరంగాలు

తీగచుట్టలు దగ్గరగా ఉన్న ప్రాంతాన్ని సంపీడనము (C) అని, తీగచుట్టలు విడదీయబడిన ప్రాంతాన్ని విరళీకరణము (R) అని అంటారు. మనందరికీ తెలిసిన విధంగా, యానకం ద్వారా ధ్వని ప్రసారం అనేక సంపీడనాల మరియు విరళీకరణాల శ్రేణి. మనం ఇప్పుడు స్ప్రింగ్ లో కలగజేయబడిన అలజడి యొక్క ప్రసారాన్ని యానకంలో ధ్వని ప్రసారంతో పోల్చవచ్చు. ఈ తరంగాలను అనుదైర్ఘ్య తరంగాలు అని పిలుస్తారు. ఈ విధమైన తరంగాలలో యానకములోని కణాలన్నీ యానకంలో కలగజేయబడిన అలజడి ప్రసార దిశకు సమాంతరంగా కదులుతాయి. కణాలు ఒక స్థానం నుండి మరొక స్థానానికి కదలవు కానీ అవి వాటి విరామ స్థానం నుండి ఇరువైపుల మాత్రమే కదులుతాయి. ధ్వని తరంగ ప్రసారంలో కూడా సరిగ్గా ఇదే జరుగుతుంది. అందుకే ధ్వని తరంగాలను అను దైర్ఘ్య తరంగాలు అనవచ్చు.

మరొక రకమైన తరంగం కూడా కలదు, అది తిర్యక్ తరంగం. ఒక తిర్యక్ తరంగంలో యానకములోని కణాలు తరంగ చలన దిశలో కంపనాలు చేయవు, కానీ అవి వాటి విరామ స్థానం నుండి పైకి కిందికి కదులుతాయి. యానకంలోని ప్రతి ఒక్క కణము యానకంలో తరంగ ప్రసార దిశకు లంబంగా వాటి విరామ స్థానం నుంచి కంపిస్తూ ఉండే తరంగాలే తిర్యక్ తరంగాలు. మనం చెరువులో ఒక గులకరాయిని వేసినప్పుడు నీటి ఉపరితలంపై నీవు చూసే తరంగాలే తిర్యక్ తరంగాలకు ఒక ఉదాహరణ.కాంతి ఒక తిర్యక్ తరంగం. కానీ కాంతిలో కంపనాలు చేసేవి యానకంలోని కణాలు, పీడనం లేదా సాంద్రత కాదు. అది ఒక యాంత్రిక తరంగం కాదు. తిర్యక్ తరంగాల లక్షణాల గురించి మీరు పై తరగతులలో వివరంగా నేర్చుకుంటారు.

11.2.2 ధ్వని తరంగ లక్షణాలు

మనం ఒక ధ్వని తరంగాన్ని క్రింది భావనల ద్వారా వివరించవచ్చు

- పౌనఃపున్యం (తరచుదనం)
- కంపన పరిమితి,
- వేగం

ధ్వని తరంగం యొక్క గ్రాఫిక్ రూపం పటం 11.6 (సి)లో చూపబడింది. యానకంలో ధ్వని తరంగం కదిలేటప్పుడు ఏ విధంగా సాంద్రత మరియు పీడనాలు మారుతాయో చూపబడింది. ఇచ్చిన సమయంలో దూరంతో పాటుగా యానకం యొక్క సాంద్రత, పీడనం మారుతాయి. యానకంలో ధ్వని తరంగం ప్రసారం చెందేటప్పుడు సాంద్రత మరియు పీడనాలలో వచ్చిన మార్పులు, సరాసరి సాంద్రత మరియు పీడనం కన్నా

Fig. 11.6(b) represent the density and pressure variations, respectively, as a sound wave propagates in the medium.

Compressions are the regions where particles are crowded together and represented by the upper portion of the curve in Fig. 11.6(c). The peak represents the region of maximum compression. Thus, compressions are regions where density as well as pressure is high. Rarefactions are the regions of low pressure where particles are spread apart and are represented by the valley, that is, the lower portion of the curve in Fig. 11.6(c). A peak is called the crest and a valley is called the trough of a wave.

The distance between two consecutive compressions (C) or two consecutive rarefactions (R) is called the wavelength, as shown in Fig. 11.6(c), The wavelength is usually represented by λ (Greek letter lambda). Its SI unit is metre (m).

H. R. Hertz

Heinrich Rudolph Hertz was born on 22 February 1857 in Hamburg, Germany and educated at the University of Berlin. He confirmed J.C. Maxwell's electromagnetic theory by his experiments. He laid the foundation for future development of radio, telephone, telegraph and even television. He also discovered the photoelectric effect which was later explained by Albert Einstein. The SI unit of frequency was named as hertz in his honour.

Frequency tells us how frequently an event occurs. Suppose you are beating a drum. How many times you are beating the drum in unit time is called the frequency of your beating the drum. We know that when sound is propagated through a medium, the

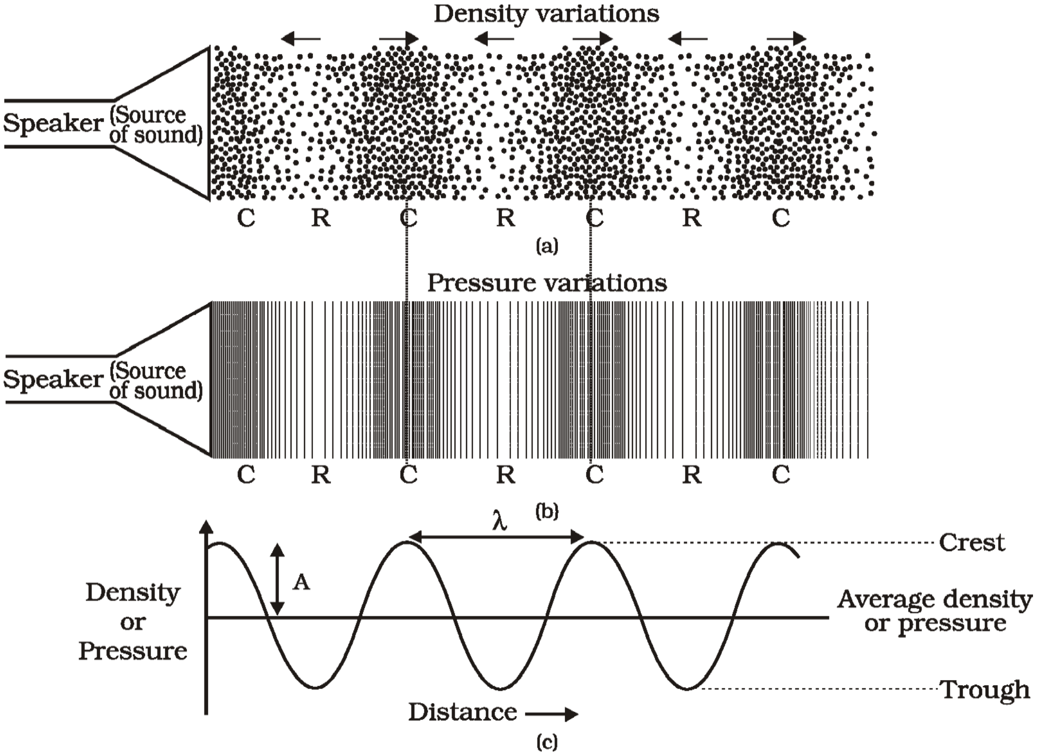


Fig. 11.6: Sound propagates as density or pressure variations as shown in (a) and (b), (c) represents graphically the density and pressure variations.

ఎక్కువ మరియు తక్కువ విలువలను పటం 11.6*(ఎ)* మరియు పటం 11.6 *(బి)*లలో వరుసగా చూపబడ్డాయి.

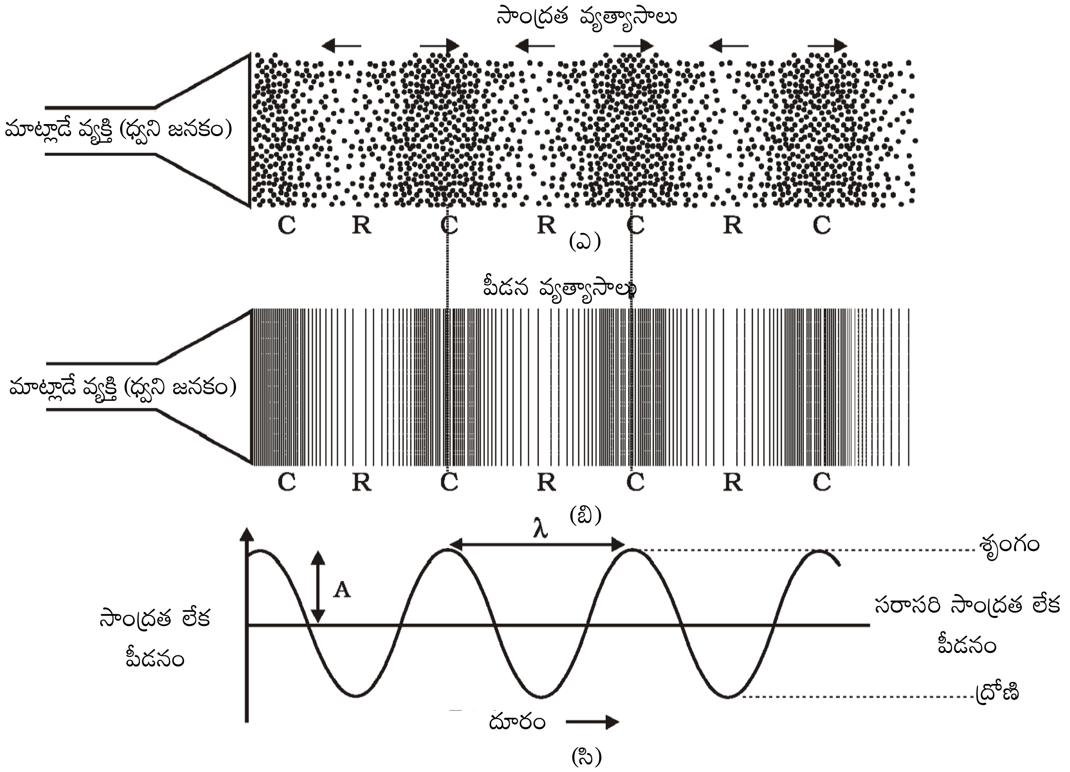
సంపీడనము అనేది కణాలన్నీ ఒకేచోట గుంపుగా కలిసినటువంటి ప్రాంతం మరియు దానిని పటం 11.6 *(సి)*లో చూపబడిన విధంగా వక్ర రేఖ పై భాగంతో సూచిస్తారు. శిఖర భాగం గరిష్ఠంగా గల సంపీడనాన్ని సూచిస్తుంది. అందుకే సంపీడనాలు అధిక సాంద్రత అదే విధంగా పీడనము అధికంగా గల ప్రదేశాలు. విరళీకరణాలు అనేవి తక్కువ సాంద్రత కలిగి కణాలన్నీ దూరంగా విస్తరించబడిన ప్రాంతాలు మరియు వాటిని లోయతో సూచిస్తారు అనగా వక్ర రేఖ యొక్క క్రింది భాగాన్ని 11.6 *(సి)*లో లాగా సూచిస్తారు. ఉబెత్తు భాగాన్ని తరంగం యొక్క శృంగం అని మరియు లోతు భాగాన్ని ద్రోణి అని అంటారు.

పటం 11.6*(సి)*లో చూపబడిన విధంగా రెండు వరుస సంపీడనాల (C) మధ్య దూరం లేదా రెండు వరుస విరళీకరణాల (R) మధ్య దూరాన్ని తరంగదైర్ఘ్యం అంటారు. తరంగదైర్ఘ్యాన్ని సాధారణంగా λ (గ్రీకు అక్షరం లామ్డా) అనే అక్షరంతో సూచిస్తారు. దాని SI ప్రమాణం మీటరు (m).

హెచ్. ఆర్. హెర్ట్జ్

1857 ఫిబ్రవరి 22న జర్మనీలోని హంబర్గ్ లో హెన్‌రిచ్ రోడాల్ఫ్ హెర్ట్జ్ జన్మించి, యూనివర్శిటీ ఆఫ్ బెర్లిన్ నందు విద్యనభ్యసించారు. తన ప్రయోగాల ద్వారా జె.సి. మాక్స్‌వెల్ విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతమును నిర్ధారించారు. భవిష్యత్‌లో రాబోవు రేడియో, టెలివిజన్, టెలిగ్రాఫ్, టెలివిజన్‌లకు కూడా నాందివేశారు. ఇతని ఆవిష్కరణలు భవిష్యత్తులో అల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్, వివరించిన కాంతి విద్యుత్ ఫలితం కూడా ఒకటి. ఇతని గౌరవార్థం పౌనఃపున్యముకు SI ప్రమాణంగా హెర్ట్జ్ అని నామకరణం చేశారు.

తరచుదనం అనేది ఒక సంఘటన ఎంత తరచుగా జరుగుతుంది అనే విషయాన్ని మనకు తెలియజేస్తుంది. ఉదాహరణకి మీరు ఒక డ్రమ్ముని కొడుతున్నారనుకుందాం. ఒక ప్రమాణ కాలంలో డ్రమ్మును కొట్టే సంఖ్యను ఆ డ్రమ్ము కొట్టే తరచుదనం అని పిలుస్తారు. యానకం ద్వారా ధ్వని ప్రసారం



పటం 11.6: *(ఎ), (బి) లో చూపినవిధంగా సాంద్రత లేదా పీడన వ్యత్యాసాలతో ధ్వని ప్రయాణించుట, సాంద్రత మరియు పీడన వ్యత్యాసాలను పటం (సి) లో గ్రాఫ్ రూపంలో చూపబడ్డాయి.*

density of the medium oscillates between a maximum value and a minimum value. The change in density from the maximum value to the minimum value, then again to the maximum value, makes one complete oscillation. The number of such oscillations per unit time is the frequency of the sound wave. If we can count the number of the compressions or rarefactions that cross us per unit time, we will get the frequency of the sound wave. It is usually represented by ν (Greek letter, nu). Its SI unit is hertz (symbol, Hz).

The time taken by two consecutive compressions or rarefactions to cross a fixed point is called the time period of the wave. In other words, we can say that the time taken for one complete oscillation is called the time period of the sound wave. It is represented by the symbol *T*. Its SI unit is second (s). Frequency and time period are related as follows:

$$\nu = \frac{1}{T}$$

A violin and a flute may both be played at the same time in an orchestra. Both sounds travel through the same medium, that is, air and arrive at our ear at the same time. Both sounds travel at the same speed irrespective of the source. But the sounds we receive are different. This is due to the different characteristics associated with the sound. Pitch is one of the characteristics.

How the brain interprets the frequency of an emitted sound is called its pitch. The faster the vibration of the source, the higher is the frequency and the higher is the pitch, as shown in Fig. 11.7. Thus, a high pitch sound corresponds to more number of compressions and rarefactions passing a fixed point per unit time.

Objects of different sizes and conditions vibrate at different frequencies to produce sounds of different pitch.

The magnitude of the maximum disturbance in the medium on either side of the mean value is called the amplitude of the wave. It is usually represented by the letter A,

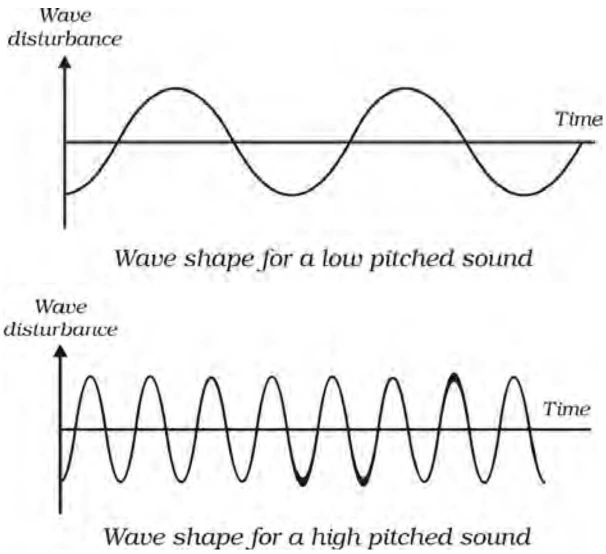


Fig. 11.7: Low pitch sound has low frequency and high pitch of sound has high frequency.

as shown in Fig. 11.6(c). For sound its unit will be that of density or pressure.

The loudness or softness of a sound is determined basically by its amplitude. The amplitude of the sound wave depends upon the force with which an object is made to vibrate. If we strike a table lightly, we hear a soft sound because we produce a sound wave of less energy (amplitude). If we hit the table

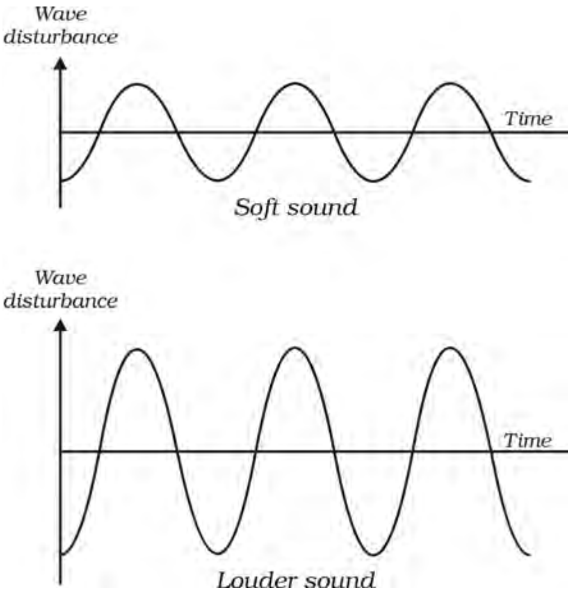


Fig. 11.8: Soft sound has small amplitude and louder sound has large amplitude.

జరిగేటప్పుడు యానకం యొక్క సాంద్రత గరిష్ట మరియు కనిష్ట విలువల మధ్యలో డోలనం చెందుతుంది అని మనకు తెలుసు. సాంద్రత గరిష్ట విలువ నుండి కనిష్ట విలువకు మరల గరిష్ట విలువకు మారడం ఒక పూర్తి కంపనాన్ని చేస్తుంది. ఒక ప్రమాణ కాలంలో జరిగే కంపనాల సంఖ్యను ధ్వని తరంగం యొక్క 'పౌనఃపున్యం' అంటారు. ఒక ప్రమాణ కాలంలో మనల్ని దాటే సంపీడనాలు లేదా విరళీకరణాల సంఖ్యను మనం గణించినట్లయితే మనం ధ్వని తరంగ పౌనఃపున్యం పొందవచ్చు. దీనిని సాధారణంగా v తో సూచిస్తారు (గ్రీకు అక్షరం న్యూ). దాని యొక్క SI ప్రమాణాలు హెర్ట్జ్ . (గుర్తు Hz).

రెండు వరుస సంపీడనాలు లేదా విరళీకరణాలు ఒక స్థిర బిందువును దాటుటకు పట్టు కాలాన్ని తరంగం యొక్క కాలవ్యవధి అని పిలుస్తారు. మరొక రకంగా ఒక పూర్తి కంపనం చేయుటకు పట్టు కాలాన్ని ధ్వని తరంగం యొక్క కాలవ్యవధి అని కూడా చెప్పవచ్చు. దానిని T అనే గుర్తుతో సూచిస్తారు. దాని S.I. ప్రమాణం సెకండ్ (S). పౌనః పుణ్యం మరియు కాల వ్యవధి కింది సంబంధాన్ని కలిగి ఉంటాయి.

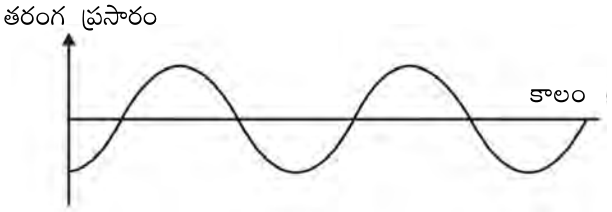
$$v = \frac{1}{T}$$

ఒక ఆర్కెస్ట్రాలో వయోలిన్ మరియు పిల్లనగ్రోవిని ఒకేసారి వాయించవచ్చు. రెండు ధ్వనులు ఒకే యానకం నుండి అనగా గాలి ద్వారా ప్రయాణిస్తాయి. ఒకేసారి మన చెవిని చేరుతాయి. ధ్వని జనకంతో సంబంధం లేకుండా రెండు ధ్వనులు ఒకే వేగంతో ప్రయాణం చేస్తాయి. కానీ మనం గ్రహించే శబ్దాలు వేరువేరుగా ఉంటాయి. ధ్వనితో అనుసంధానించబడిన లక్షణాల్లో తేడాల వల్ల ఇది జరుగుతుంది. పిచ్ (కీచుదనం)అనేది ఈ లక్షణాలలో ఒకటి.

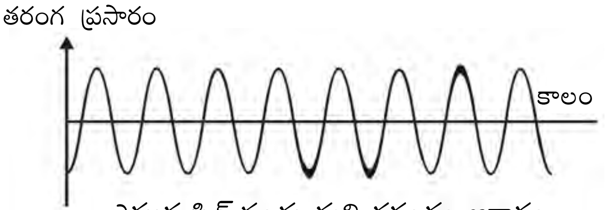
ధ్వనిజనకం నుండి విడుదలైన ధ్వని యక్క పౌనఃపున్యాన్ని మెదడు ఏ విధంగా విశ్లేషిస్తుందో దానినే ధ్వని పిచ్ అంటారు. ధ్వనిజనకం వేగంగా కంపించడం వల్ల పౌనఃపున్యం అధికంగా ఉంటుంది. పటం 11.7 లో చూపిన విధంగా అధిక పౌనఃపున్యం గల ధ్వని అధిక పిచ్‌ను కలిగి ఉంటుంది. అధిక పిచ్ గల ధ్వనికి అనుగుణంగా ప్రమాణ కాలంలో ఒక స్థిర బిందువును దాటి వెళ్ళే సంపీడన, విరళీకరణాల సంఖ్య కూడా అధికమే.

వివిధ పరిమాణాలు మరియు సందర్భాలలో వేరువేరు తరచుదనాలతో కంపించే వస్తువులు వివిధ పిచ్‌లు గల ధ్వనులను ఉత్పత్తి చేస్తాయి.

సగటు విలువకు ఇరువైపుల యానకంలో ఏర్పడిన గరిష్ట అలజడినే ఆ తరంగం యొక్క కంపన పరిమితి అంటారు. దీనిని పటం 11.6(సి)లో చూపిన విధంగా A తో సూచిస్తారు.



తక్కువ పిచ్ నందు ధ్వని తరంగం ఆకారం

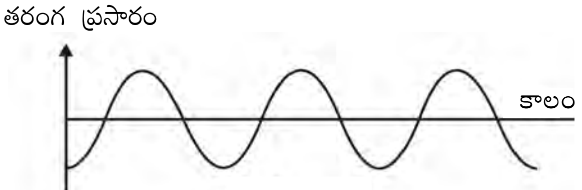


ఎక్కువ పిచ్ నందు ధ్వని తరంగం ఆకారం

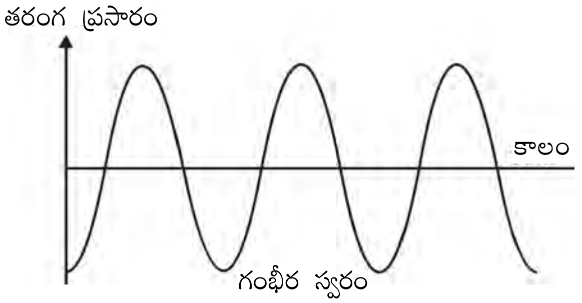
పటం 11.7: *తక్కువపిచ్ కల ధ్వనికి తక్కువ పౌనఃపున్యం, ఎక్కువ పిచ్ కల ధ్వనికి ఎక్కువ పౌనఃపున్యం కలిగిఉండుట*

ధ్వనికి సంబంధించినంత వరకు దీనికి ప్రమాణాలు సాంద్రత లేదా పీడన ప్రమాణాలే.

ధ్వని యొక్క గంభీరత్వము లేదా మృదుత్వం అనేది సాధారణంగా దాని కంపనపరిమితి ద్వారానే గుర్తిస్తాము. ధ్వని తరంగం యొక్క కంపన పరిమితి అనేది ఆ వస్తువును ఎంత బలంతో కంపనాలకు గురి చేస్తున్నాము అనే దానిపై ఆధార పడుతుంది. మనం ఒక బల్లను నిదానంగా తట్టామనుకుందాం.



మృదుస్వరం



పటం 11.8: *మృదు ధ్వని తక్కువ కంపన పరిమితిని, గంభీర ధ్వని ఎక్కువ కంపన పరిమితి కలిగివుండుట.*

hard we hear a louder sound. Can you tell why? A sound wave spreads out from its source. As it moves away from the source its amplitude as well as its loudness decreases. Louder sound can travel a larger distance as it is associated with higher energy. Fig. 11.8 shows the wave shapes of a loud and a soft sound of the same frequency.

The quality or timber of sound is that characteristic which enables us to distinguish one sound from another having the same pitch and loudness. The sound which is more pleasant is said to be of a rich quality. A sound of single frequency is called a tone. The sound which is produced due to a mixture of several frequencies is called a note and is pleasant to listen to. Noise is unpleasant to the ear! Music is pleasant to hear and is of rich quality.

Questions

1. *Which wave property determines (a) loudness, (b) pitch?*
2. *Guess which sound has a higher pitch: guitar or car horn?*

The speed of sound is defined as the distance which a point on a wave, such as a compression or a rarefaction, travels per unit time.

We know,

speed, v = distance / time

$$= \frac{\lambda}{T}$$

Here λ is the wavelength of the sound wave. It is the distance travelled by the sound wave in one time period (T) of the wave. Thus,

$$v = \lambda \nu \left(\because \frac{1}{T} = \nu \right)$$

or $$v = \lambda \nu$$

That is, speed = wavelength $\times$ frequency.

The speed of sound remains almost the same for all frequencies in a given medium under the same physical conditions.

Example 11.1 A sound wave has a frequency of 2 kHz and wave length 35 cm. How long will it take to travel 1.5 km?

Solution:

Given,

Frequency, ν = 2 kHz = 2000 Hz

Wavelength, λ = 35 cm = 0.35 m

We know that speed, v of the wave

= wavelength $\times$ frequency

$v = \lambda \nu$

= 0.35 m $\times$ 2000 Hz = 700 m/s

The time taken by the wave to travel a distance, d of 1.5 km is

$$t = \frac{d}{v} = \frac{1.5 \times 1000 \text{ m}}{700 \text{ m s}^{-1}} = \frac{15}{7} \text{ s} = 2.1 \text{ s}.$$

Thus sound will take 2.1 s to travel a distance of 1.5 km.

Questions

1. *What are wavelength, frequency, time period and amplitude of a sound wave?*
2. *How are the wavelength and frequency of a sound wave related to its speed?*
3. *Calculate the wavelength of a sound wave whose frequency is 220 Hz and speed is 440 m/s in a given medium.*
4. *A person is listening to a tone of 500 Hz sitting at a distance of 450 m from the source of the sound. What is the time interval between successive compressions from the source?*

The amount of sound energy passing each second through unit area is called the intensity of sound. We sometimes use the terms "loudness" and "intensity" interchangeably, but they are not the same. Loudness is a measure of the response of the ear to the sound. Even when two sounds are of equal intensity, we may hear one as louder than the other simply because our ear detects it better.

మనము మృదువైన ధ్వని వినగలము. ఎందుకో నీవు చెప్పగలవా? ధ్వని తరంగం దాని మూలస్థానం నుండి విస్తరిస్తుంది. ధ్వని తన మూలస్థానం నుండి దూరంగా జరుగుతున్నప్పుడు దాని కంపన పరిమితి , బిగ్గరత తగ్గుతాయి. బిగ్గరైన ధ్వని ఎక్కువ శక్తితో కూడుకున్నది కాబట్టి అది ఎక్కువ దూరం ప్రయాణిస్తుంది. ఒకే పౌనఃపున్యం కలిగి గంభీరమైన మరియు మృదువైన ధ్వని తరంగ ఆకారాలు పటం 11.8లో చూపబడ్డాయి.

ఒకే పిచ్ మరియు తీవ్రత కలిగిన ధ్వనులను ఒక దాని నుండి మరొక దానిని వేరు చేయగలిగే లక్షణమే ధ్వని యొక్క నాణ్యత. ఎక్కువ వినసొంపును ఇచ్చే ధ్వనిని అధిక నాణ్యత గల ధ్వనిగా చెప్పవచ్చు. ఒకే పౌనఃపున్యం గల ధ్వనిని స్వరం అంటాం. వివిధ పౌనఃపున్యాల కలయిక ద్వారా ఉత్పత్తి అయిన ధ్వనిని 'నోట్ 'అని పిలుస్తారు. అది వినటానికి కూడా హాయిగా ఉంటుంది. శబ్దం అనేది వినటానికి ఆహ్లాదకరంగా ఉండదు. సంగీతం వినటానికి ఆహ్లాదకరంగా మరియు మంచి నాణ్యత కలిగి ఉంటుంది.

ప్రశ్నలు

1. తరంగం యొక్క ఏ లక్షణం (ఎ) తీవ్రత (బి) పిచ్‌ను నిర్ణయిస్తుంది?

2. గిటార్ లేదా కారు హారన్ లలో ఏది ఎక్కువ పిచ్ ను కలిగి ఉంటుందో అంచనా వేయండి?

ధ్వని వేగాన్ని తరంగంలో గల సంపీడనము లేదా విరళీకరణం వంటి ఒక బిందువు ప్రమాణ కాలంలో ప్రయాణించే దూరంగా నిర్వచించవచ్చు.

మీకు తెలుసు

వేగము v = దూరము/కాలము

$$= \frac{\lambda}{T}$$

ఇక్కడ λ అనేది ధ్వని తరంగం యొక్క తరంగదైర్ఘ్యం. అది ఒక ధ్వని తరంగం ఒక ప్రమాణ కాలం (T) లో ప్రయాణించిన దూరం.

$$v = \lambda\nu \left(\because \frac{1}{T} = \nu \right)$$

లేక $v = \lambda\nu$

అనగా, వడి = తరంగదైర్ఘ్యం × పౌనఃపున్యం

ఇచ్చిన యానకంలో అన్ని రకాల సమాన భౌతిక పరిస్థితుల వద్ద అన్ని రకాల పౌనఃపున్యాల ధ్వని దాదాపుగా ఒకే వడితో ప్రయాణం చేస్తుంది.

ఉదాహరణ 11.1 ఒక ధ్వని తరంగం 2 కిలో హెర్ట్జ్ తరచుదనాన్ని మరియు 35 సెంటీమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కలిగి ఉంది. అది 1.5 కిలోమీటర్ల దూరం ప్రయాణించుటకు ఎంత సమయం తీసుకుంటుంది.?

సాధన:

ఇచ్చింది,

పౌనః పున్యం, ν = 2 kHz = 2000 Hz

తరంగ దైర్ఘ్యం, λ = 35 cm = 0.35 m

తరంగం యొక్క వేగము v =తరంగదైర్ఘ్యం × పౌనఃపున్యము అని మనకు తెలుసు

$$v = \lambda\nu$$

$$= 0.35 \text{ m} \times 2000 \text{ Hz} = 700 \text{ m/s}$$

1.5 కిలోమీటర్లు d అనే దూరం ప్రయాణించుటకు తరంగానికి పట్టిన సమయం,

$$t = \frac{d}{v} = \frac{1.5 \times 1000 \text{ m}}{700 \text{ m s}^{-1}} = \frac{15}{7} \text{ s} = 2.1 \text{ s.}$$

1.5 కిలోమీటర్ల దూరం ప్రయాణించుటకు ధ్వని 2.1 సెకండ్ సమయాన్ని తీసుకుంటుంది.

ప్రశ్నలు

1. ఒక ధ్వని తరంగం యొక్క తరంగదైర్ఘ్యం, పౌనః పున్యం, కాలవ్యవధి, కంపన పరిమితి అనగానేమి?

2. ధ్వని తరంగం యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము మరియు పౌనఃపున్యము, దాని వేగంతో ఏ విధమైన సంబంధాన్ని కలిగి ఉంటాయి?

3. ఇవ్వబడిన యానకంలో 220 పౌనఃపున్యం మరియు 440 మీ/సె వేగంతో ప్రయాణించే ధ్వని తరంగం యొక్క తరంగదైర్ఘ్యాన్ని లెక్కించండి.

4. ఒక వ్యక్తి ధ్వని జనకం నుండి 450 మీటర్ల దూరంలో కూర్చొని 500 Hz పౌనఃపున్యం గల స్వరాన్ని వింటూ ఉన్నాడు. ధ్వని జనకము నుండి రెండు వరుస సంపీడనాల మధ్య గల కాలవ్యవధి ఎంత?

ప్రమాణ వైశాల్యం గుండా ప్రతి సెకనులో ప్రయాణించే ధ్వని శక్తి మొత్తాన్ని ధ్వని తీవ్రత అంటారు. మనం ఒక్కొక్కసారి 'బిగ్గర' మరియు 'తీవ్రత' వంటి పదాలను మార్చగలిగిన వాటిగా ఉపయోగిస్తాం. కానీ అవి ఒకే అర్థాన్ని ఇచ్చేవి కావు. ధ్వనికి చెవియొక్క ప్రతిస్పందన కొలతనే తీవ్రత అని అంటాం. ఒకే తీవ్రత గల రెండు ధ్వనులను మనం వింటున్నప్పుడు కూడా ఒక దాని కన్నా మరొకటి బిగ్గరగా వింటాం. ఎందుకంటే, మన చెవి దానిని సరిగా గుర్తించటమే కారణం.

Question

1. *Distinguish between loudness and intensity of sound.*

11.2.3 Speed of Sound in Different Media

Sound propagates through a medium at a finite speed. The sound of a thunder is heard a little later than the flash of light is seen. So, we can make out that sound travels with a speed which is much less than the speed of light. The speed of sound depends on the properties of the medium through which it travels. You will learn about this dependence in higher classes. The speed of sound in a medium depends on temperature of the medium. The speed of sound decreases when we go from solid to gaseous state. In any medium as we increase the temperature, the speed of sound increases. For example, the speed of sound in air is 331 m s^{-1} at 0 ºC and 344 m s^{-1} at 22 ºC. The speeds of sound at a particular temperature in various media are listed in Table 11.1. You need not memorise the values.

Table 11.1: Speed of sound in different media at 25 ºC

State	Substance	Speed in m/s
Solids	Aluminium	6420
	Nickel	6040
	Steel	5960
	Iron	5950
	Brass	4700
	Glass (Flint)	3980
Liquids	Water (Sea)	1531
	Water (distilled)	1498
	Ethanol	1207
	Methanol	1103
Gases	Hydrogen	1284
	Helium	965
	Air	346
	Oxygen	316
	Sulphur dioxide	213

Question

1. *In which of the three media, air, water or iron, does sound travel the fastest at a particular temperature?*

11.3 Reflection of Sound

Sound bounces off a solid or a liquid like a rubber ball bounces off a wall. Like light, sound gets reflected at the surface of a solid or liquid and follows the same laws of reflection as you have studied in earlier classes. The directions in which the sound is incident and is reflected make equal angles with the normal to the reflecting surface at the point of incidence, and the three are in the same plane. An obstacle of large size which may be polished or rough is needed for the reflection of sound waves.

Activity 11.5

- Take two identical pipes, as shown in Fig. 11.9. You can make the pipes using chart paper. The length of the pipes should be sufficiently long as shown.
- Arrange them on a table near a wall.
- Keep a clock near the open end of one of the pipes and try to hear the sound of the clock through the other pipe.
- Adjust the position of the pipes so that you can best hear the sound of the clock.
- Now, measure the angles of incidence and reflection and see the relationship between the angles.
- Lift the pipe on the right vertically to a small height and observe what happens.

(In place of a clock, a mobile phone on vibrating mode may also be used.)

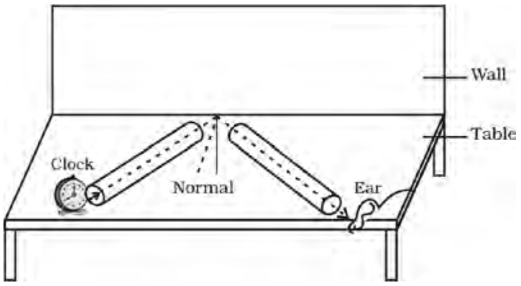


Fig. 11.9: Reflection of sound

ప్రశ్నలు

1. *బిగ్గరత మరియు ధ్వనితీవ్రత ల మధ్య గల తేడాలను వివరించండి?.*

11.2.4 వివిధ యానకాలలో ధ్వని యొక్క వడి

ఒక యానకం గుండా ధ్వని నియమిత వడితో ప్రసారమౌతుంది. మెరుపు కనపడిన కొద్దిసేపటి తర్వాత ఉరుము యొక్క ధ్వని వినిపిస్తుంది. అందువల్ల కాంతి యొక్క వడి కన్నా ధ్వని ప్రయాణించే వడి చాలా తక్కువని మనకు తెలుస్తుంది. ధ్వని యొక్క వడి అది ప్రయాణించే యానకం యొక్క లక్షణాలపై ఆధారపడుతుంది. ఈ ఆధారపడటం గురించి మీరు పై తరగతులలో నేర్చుకుంటారు. యానకంలో ధ్వని యొక్క వడి యానకం ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడుతుంది. ధ్వని యొక్క వడి ఘన స్థితి నుంచి వాయు స్థితికి వెళ్లేటప్పుడు తగ్గుతుంది. ఏ యానకంలోనైనా మనం ఉష్ణోగ్రతను పెంచితే ధ్వని యొక్క వడి పెరుగుతుంది. ఉదాహరణకు 0°C వద్ద గాలిలో ధ్వని యొక్క వడి 331 మీ/సె మరియు 22°C వద్ద 344 మీ/సె. ఒక నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద వివిధ యానకాలలో ధ్వని యొక్క వడులు పట్టిక 11.1 లో నమోదు చేయబడినాయి. ఈ విలువలను మీరు గుర్తుంచుకోవలసిన అవసరం లేదు.

పట్టిక 11.1: 25°C వద్ద వివిధ యానకాలలో ధ్వని వేగం

స్థితి	పదార్థం	వడి మీ./సె.
ఘనాలు	అల్యూమినియం	6420
	నికెల్	6040
	స్టీలు	5960
	ఇనుము	5950
	ఇత్తడి	4700
	గాజు (ఫ్లింట్)	3980
ద్రవాలు	సముద్రం నీరు	1531
	స్వేదనజలం	1498
	ఇథనాల్	1207
	మిథనాల్	1103
వాయువులు	హైడ్రోజన్	1284
	హీలియం	965
	గాలి	346
	ఆక్సిజన్	316
	సల్ఫర్ డై ఆక్సైడ్	213

ప్రశ్నలు

1. *ఒక నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఈ మూడు యానకాలలో గాలి, నీరు లేదా ఇనుము, దేనిలో ధ్వని అత్యధిక వేగంగా ప్రయాణిస్తుంది?*

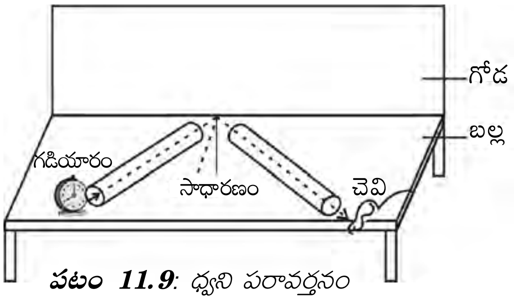
11.3 ధ్వని పరావర్తనం

గోడ నుండి రబ్బరు బంతి ఎగిరి పడిన మాదిరిగా ఘన పదార్థం లేదా ద్రవపదార్థం నుండి ధ్వని వెనుకకు తిరుగుతుంది. మీరు గత తరగతులలో చదివిన మాదిరిగా కాంతి వలె ధ్వని కూడా ఘనపదార్థ ఉపరితలం లేదా ద్రవపదార్థం నుండి పరావర్తనం చెందుతుంది. పరావర్తన నియమాలను పాటిస్తుంది. ధ్వని పతన మరియు పరావర్తన దిశలు పతన బిందువు వద్ద పరావర్తన తలానికి గల లంబముతో సమానమైన కోణాలు చేస్తాయి మరియు ఆ మూడు ఒకే తలంలో ఉంటాయి. ధ్వని తరంగాల పరావర్తనానికి నునుపు చేయబడిన లేదా గరుకుగా గల ఒక పెద్దదిగా గల అవరోధం అవసరం.

కృత్యం ------------------ 11.5

- పటం 11 .9 లో చూపిన విధంగా ఒకేలా ఉండే రెండు గొట్టాలను తీసుకోండి. మీరు చార్ట్ పేపర్ ను ఉపయోగించి కూడా గొట్టాలను తయారు చేయవచ్చు. గొట్టాలు చూపిన విధంగా సరిపడినంత పొడవు కలిగి ఉండాలి.
- ఒక గోడకు దగ్గరగా ఒక టేబుల్‌పై వాటిని అమర్చండి.
- మొదటి గొట్టానికి తెరిచి ఉన్న వైపు గడియారాన్ని ఉంచి, రెండవ గొట్టం వైపు నుండి గడియారం యొక్క శబ్దాన్ని వినటానికి ప్రయత్నించండి.
- గడియారం యొక్క శబ్దాన్ని స్పష్టంగా వినేలాగా ఆ గొట్టాల స్థానాలను సవరించండి.
- ఇప్పుడు పతన కోణం మరియు పరావర్తన కోణాలను కొలవండి మరియు ఆ కోణాల మధ్య గల సంబంధాన్ని చూడండి.
- కుడివైపున గల గొట్టాన్ని కొద్ది ఎత్తుకు పైకి లేపి ఏం జరుగుతుందో గమనించండి.

(గడియారం స్థానంలో కంపనస్థితిలో గల ఒక మొబైల్ ఫోన్‌ను కూడా ఉపయోగించవచ్చు.)



పటం 11.9: ధ్వని పరావర్తనం

11.3.1 ECHO

° If we shout or clap near a suitable reflecting object such as a tall building or a mountain,we will hear the same sound again a little later. This sound which we hear is called an echo. The sensation of sound persists in our brain for about 0.1 s. To hear a distinct echo the time interval between the original sound and the reflected one must be at least 0.1s. If we take the speed of sound to be 344 m/s at a given temperature, say at 22 °C in air, the sound must go to the obstacle and reach back the ear of the listener on reflection after 0.1s. Hence, the total distance covered by the sound from the point of generation to the reflecting surface and back should be at least (344 m/s) × 0.1 s = 34.4 m. Thus, for hearing distinct echoes, the minimum distance of the obstacle from the source of sound must be half of this distance, that is, 17.2 m. This distance will change with the temperature of air. Echoes may be heard more than once due to successive or multiple reflections. The rolling of thunder is due to the successive reflections of the sound from a number of reflecting surfaces, such as the clouds and the land.

11.3.2 REVERBERATION

A sound created in a big hall will persist by repeated reflection from the walls until it is reduced to a value where it is no longer audible. The repeated reflection that results in this persistence of sound is called reverberation. In an auditorium or big hall excessive reverberation is highly undesirable. To reduce reverberation, the roof and walls of the auditorium are generally covered with sound-absorbent materials like compressed fibreboard, rough plaster or draperies. The seat materials are also selected on the basis of their sound absorbing properties.

Example 11.2 A person clapped his hands near a cliff and heard the echo after 2 s. What is the distance of the cliff from the person if the speed of the sound, *v* is taken as 346 m s^{-1}?

Solution:

Given,
Speed of sound, v = 346 m s^{-1}
Time taken for hearing the echo,
t = 2 s
Distance travelled by the sound
= $v \times t$ = 346 m $s^{-1} \times$ 2 s = 692 m
In 2 s sound has to travel twice the distance between the cliff and the person. Hence, the distance between the cliff and the person
= 692 m/2 = 346 m.

Question

1. *An echo is heard in 3 s. What is the distance of the reflecting surface from the source, given that the speed of sound is 342 m s^{-1}?*

11.3.3 USES OF MULTIPLE REFLECTION OF SOUND

1. Megaphones or loudhailers, horns, musical instruments such as trumpets and *shehanais*, are all designed to send sound in a particular direction without spreading it in all directions, as shown in Fig 11.10.

Fig 11.10: A megaphone and a horn.

11.3.1 ప్రతిధ్వని

మనము సరైన పరావర్తక వస్తువులైన పొడవైన బిల్డింగు లేదా పర్వతం దగ్గరకు వెళ్లి గట్టిగా అరిచినా లేదా చప్పట్లు కొట్టినా మనం కొద్దిసేపటి తర్వాత అదే శబ్దాన్ని తిరిగి వినగలం. మనం తిరిగి వినగలిగే ఆ ధ్వనిని ప్రతిధ్వని అంటాం. ధ్వని యొక్క సంకేతాలు మన మెదడులో 0.1 సెకన్ పాటు నిలిచి ఉంటాయి. దూరం నుంచి మనం ప్రతిధ్వని వినాలంటే అసలు ధ్వనికి మరియు పరావర్తన ధ్వనికి మధ్య కనీసం 0.1 సె. కాలవ్యవధి ఉండాలి. ఇచ్చిన ఉష్ణోగ్రత వద్ద అనగా గాలిలో $22^{o}C$వద్ద ధ్వని వేగాన్ని 344 మీ/సె గా తీసుకుంటే ధ్వని 0.1 సెకండ్లలోనే అడ్డుగోడ వద్దకు వెళ్లి మరలా పరావర్తనం చెందిన తర్వాత శ్రోత యొక్క చెవికి చేరాలి. అందువలన ధ్వని దాని జనక స్థానం నుండి పరావర్తన తలానికి మరియు వెనకకు రావడానికి కనీసం (344మీ/సె) $\times$ 0.1సె = 34.4మీ. దూరం ప్రయాణించాల్సి ఉంటుంది. అందువల్ల వేర్వేరు ప్రతి ధ్వనులు వినాలంటే ధ్వని జనకానికి, అడ్డు గోడకు మధ్య కనీసం దీనిలో సగం దూరం అనగా 17.2 మీ. ఉండాలి. గాలి యొక్క ఉష్ణోగ్రతను బట్టి ఈ దూరం మారుతుంది. వరుస పరావర్తనాలు లేక పలుమార్లు జరిగే పరావర్తనాల కారణంగా ప్రతిధ్వనులను మనం ఒకటి కన్నా ఎక్కువ సార్లు వినవచ్చు. మేఘాలు, భూమి వంటి అనేక పరావర్తక తలాల నుండి ధ్వని వరుస పరావర్తనాల కారణంగా ఉరుములు ఏర్పడతాయి.

11.3.2 ప్రతినాదం

ఒక పెద్ద హాల్ నందు ఉత్పత్తి కాబడిన ధ్వని గది గోడల నుండి అనేకమార్లు పరావర్తనం చెందుతూ దాని ధ్వని తగ్గుతూ అసలు వినపడనంతవరకు ఉంటుంది. ఈ విధంగా పలుమార్లు పరావర్తనం కారణంగా సాగదీయబడిన ధ్వనిని "ప్రతినాదం" అంటారు. ఒక ఆడిటోరియం లేదా పెద్ద హాల్ నందు ప్రతినాదం ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఈ ప్రతినాదాన్ని తగ్గించడానికి సాధారణంగా ఆడిటోరియంలలో పైకప్పు మరియు గోడలకి ధ్వనిగ్రాహక పదార్థాలైన సంపీడన ఫైబర్ బోర్డులు, నునుపు చేయడం లేదా మందపాటి తెరలను వినియోగించడం చేస్తారు. కుర్చీలకు వాడే పదార్థాలు కూడా వాటి ధ్వనిగ్రాహక లక్షణాలను బట్టి ఎంపిక చేస్తారు.

ఉదాహరణ 11.2 : ఒక వ్యక్తి శిఖరం దగ్గరగా వెళ్లి తన రెండు చేతులతో చప్పట్లు కొట్టాడు. ప్రతిధ్వనిని రెండు సెకండ్ల తర్వాత విన్నాడు. ధ్వని యొక్క వడిని 346 మీ.సె.$^{-1}$ గా తీసుకుంటే, ఆ వ్యక్తి నుండి శిఖరం ఎంత దూరంలో ఉంది?

సాధన:

ఇచ్చినవి,

ధ్వని యొక్క వడి v = 346 మీ.సె.$^{-1}$

ప్రతిధ్వని వినుటకు పట్టు సమయం,

t = 2 సె.

ధ్వని ప్రయాణించి దూరము

= $v \times t$ = 346 మీ.సె.$^{-1}$ $\times$ 2 సె. = 692 మీ.

శిఖరానికి మరియు వ్యక్తికి మధ్య గల దూరానికి రెట్టింపు దూరాన్ని ధ్వని 2 సెకన్లలో ప్రయాణించాల్సి ఉంటుంది. అందువలన శిఖరానికి వ్యక్తికి మధ్య గల దూరం

= 692 మీ/2 = 346 మీ.

ప్రశ్న

1. *ప్రతిధ్వని 3 సె.లలో వినపడింది. ధ్వని యొక్క వడి 342 మీ/సె అని ఇవ్వబడింది. జనకము నుండి పరావర్తక తలానికి గల దూరం ఎంత?*

11.3.3 ధ్వని యొక్క బహుళ పరావర్తనాల ఉపయోగాలు

1. మెగాఫోన్లు లేదా హారన్లు మరియు ట్రంపెట్లు, షహనాయి వంటి సంగీత పరికరాలు ధ్వనిని అన్ని దిశలలో కాకుండా ఒక నిర్దిష్ట దిశలో పంపటానికి వీలుగా పటం 11.10 లో చూపిన విధంగా తయారు చేయబడినాయి.

పటం 11.10: *ఒక మెగాఫోన్ మరియు ఒక హారన్*

In these instruments, a tube followed by a conical opening reflects sound successively to guide most of the sound waves from the source in the forward direction towards the audience.

2. Stethoscope is a medical instrument used for listening to sounds produced within the body, mainly in the heart or lungs. In stethoscopes the sound of the patient's heartbeat reaches the doctor's ears by multiple reflection of sound, as shown in Fig.11.11.

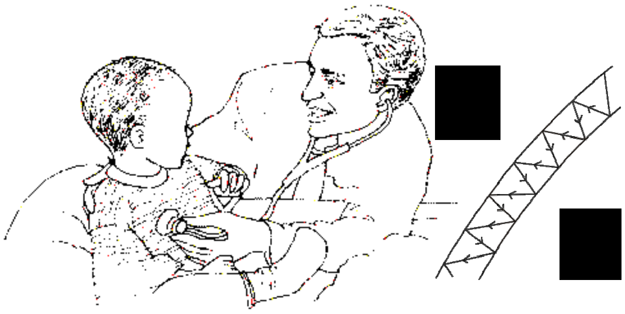


Fig.11.11: Stethoscope

3. Generally the ceilings of concert halls, conference halls and cinema halls are curved so that sound after reflection reaches all corners of the hall, as shown in Fig 11.12. Sometimes a curved soundboard may be placed behind the stage so that the sound, after reflecting from the sound board, spreads evenly across the width of the hall (Fig 11.13).

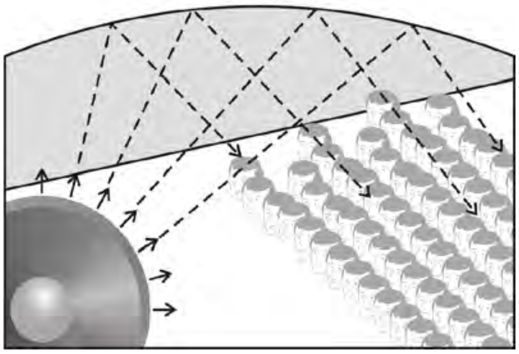


Fig. 11.12: Curved ceiling of a conference hall.

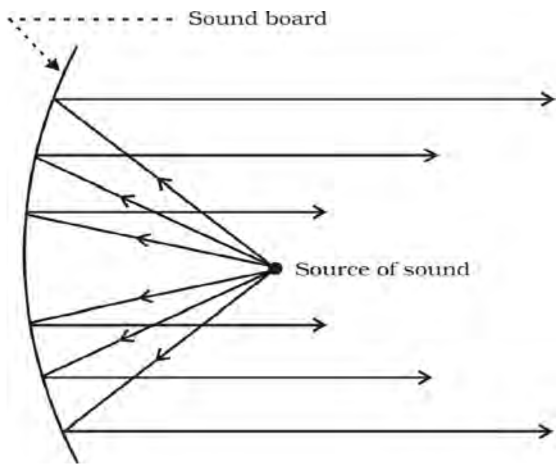


Fig. 11.13: Sound board used in a big hall.

Question

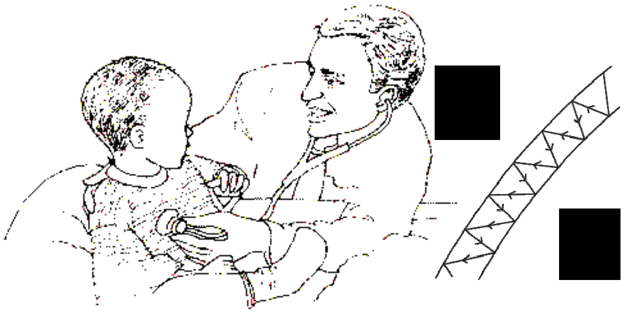
1. *Why are the ceilings of concert halls curved?*

11.4 Range of Hearing

The audible range of sound for human beings extends from about 20 Hz to 20000 Hz (one Hz = one cycle/s). Children under the age of five and some animals, such as dogs can hear up to 25 kHz (1 kHz = 1000 Hz). As people grow older their ears become less sensitive to higher frequencies. Sounds of frequencies below 20 Hz are called infrasonic sound or infrasound. If we could hear infrasound we would hear the vibrations of a pendulum just as we hear the vibrations of the wings of a bee. Rhinoceroses communicate using infrasound of frequency as low as 5 Hz. Whales and elephants produce sound in the infrasound range. It is observed that some animals get disturbed before earthquakes. Earthquakes produce low-frequency infrasound before the main shock waves begin which possibly alert the animals. Frequencies higher than 20 kHz are called ultrasonic sound or ultrasound. Ultrasound is produced by animals such as dolphins, bats and porpoises. Moths of certain families have very sensitive hearing equipment. These moths can hear the high frequency

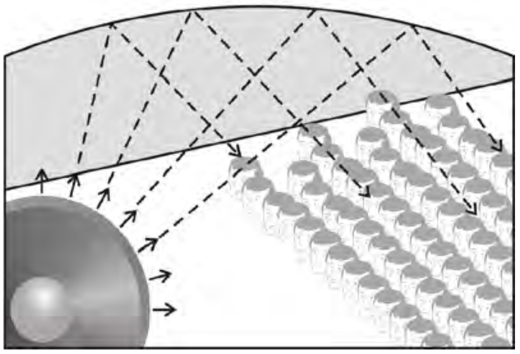
ఈ పరికరాలలో ధ్వని జనకం నుండి విడుదలైన ధ్వని తరంగాలు ఎదురుగా ఉన్న శ్రోతవైపు ప్రయాణించేలాగా అనేకసార్లు పరావర్తనం చెందటానికి వీలుగా శంకాకృతిలో కలిగిన గొట్టం ఉంటుంది.

2. స్టెతస్కోపు అనేది శరీరం అంతర్భాగంలో ఉండే వివిధ భాగాల నుంచి వచ్చే శబ్దాలను ముఖ్యంగా గుండె, ఊపిరితిత్తుల శబ్దాలను వినటానికి ఉపయోగించే ఒక వైద్య పరికరం. పటం 11.11లో చూపినట్లు స్టెతస్కోపులో రోగి యొక్క గుండె చప్పుడు అనేకమార్లు పరావర్తనం చెందుతూ డాక్టర్ యొక్క చెవిని చేరుతుంది.

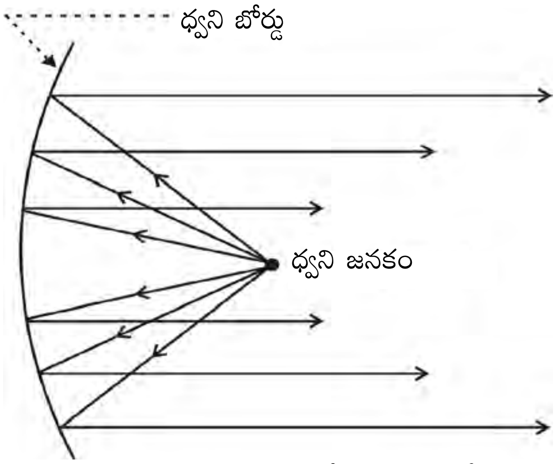


పటం 11.11: *స్టెతస్కోప్*

3. సాధారణంగా పటం 11.12లో చూపిన విధంగా కచేరి మందిరాలు, సమావేశ మందిరాలు మరియు సినిమా హాళ్ళలో వక్రతల పైకప్పులనుండి పరావర్తనం చెందిన ధ్వని అన్ని మూలలకు సమానంగా చేరుకునేటట్లు ఉంటాయి. కొన్నిసార్లు స్టేజ్‌కి వెనుక వైపున కూడా వక్రతల ధ్వని బోర్డులు ఉంచుతారు. తద్వారా ధ్వని ఆ ధ్వని బోర్డుల నుంచి పరావర్తనం చెంది హాలు మొత్తం ఏక రీతిగా విస్తరించడానికి వీలుగా (పటం 11.13) లో చూపిన విధంగా ఉంటుంది.



పటం 11.12: *సమావేశ మందిరం యొక్క వక్రతల పైకప్పు*



పటం 11.13: *పెద్ద హాలులో ఉపయోగించే ధ్వని బోర్డు*

ప్రశ్న

1. *కచేరి మందిరాల పైకప్పులు ఎందుకు వక్రంగా ఉంటాయి?*

11.4 వినికిడి పరిధి

మానవుడు వినగలిగే ధ్వని అవధి 20హెర్ట్జ్ నుండి 20000 హెర్ట్జ్ (1 హెర్ట్జ్ = ఒక తరంగం/సె.) వరకు ఉంటుంది. ఐదు సంవత్సరాల లోపు గల చిన్న పిల్లలు మరియు కుక్కలు వంటి కొన్ని జంతువులు 25 కిలో హెర్ట్జ్ (1 కి.హెర్ట్జ్ = 1000హెర్ట్జ్) లోపు గల శబ్దాలను కూడా వినగలరు. వయసు పెరిగే కొద్దీ అధిక పౌనఃపున్యం గల ధ్వనులను వినగలిగే సామర్థ్యం తగ్గుతుంది. 20 హెర్ట్జ్ పౌనఃపున్యం కన్నా తక్కువ పౌనఃపున్యం గల ధ్వనులను పర శ్రావ్య ధ్వనులు లేదా పరశ్రావ్యాలు అంటారు. పరశ్రావ్యాలను మనం వినగలిగితే, ఎలాగైతే మనం తేనెటీగ రెక్కలు చేసే కంపనాలను వినగలమో అలాగే లఘులోలకం యొక్క కంపనాలను కూడా వినగలం. ఖడ్గమృగాలు 5 హెర్ట్జ్ కంటే తక్కువ పౌనఃపున్యం గల పరశ్రావ్యాలను ఉపయోగించి భావవ్యక్తీకరణ చేసుకుంటాయి. ఏనుగులు, తిమింగలాలు పరశ్రావ్య హద్దులో గల ధ్వనులను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. కొన్ని జంతువులు భూకంపాలు సంభవించే ముందు వాటిని గుర్తిస్తాయి. ప్రధాన షాక్ తరంగాలు వచ్చే ముందే భూకంపాలు వాటి సూచికగా తక్కువ పౌనఃపున్యం గల పరశ్రావ్యాలను విడుదల చేస్తాయి. తద్వారా జంతువులు సంసిద్ధపడతాయి. 20 కిలో హెర్ట్జ్ కన్నా అధిక పౌనఃపున్యం గల ధ్వనులను 'అతి ధ్వనులు' అంటారు. డాల్ఫిన్లు, గబ్బిలాలు, తాబేలు వంటి జంతువులు అతి ధ్వనులను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. చిమటలు వంటి కొన్ని జాతులకు ప్రత్యేక ధ్వని గ్రాహక పరికరాలు ఉంటాయి. ఈ చిమటలు, గబ్బిలాల కుమ్ములాటల వలన ఏర్పడిన అధిక పౌనఃపున్యం గల ధ్వనులను వింటాయి మరియు

squeaks of the bat and know when a bat is flying nearby, and are able to escape capture. Rats also play games by producing ultrasound.

Hearing Aid: People with hearing loss may need a hearing aid. A hearing aid is an electronic, battery operated device. The hearing aid receives sound through a microphone. The microphone converts the sound waves to electrical signals. These electrical signals are amplified by an amplifier. The amplified electrical signals are given to a speaker of the hearing aid. The speaker converts the amplified electrical signal to sound and sends to the ear for clear hearing.

Questions

1. *What is the audible range of the average human ear?*
2. *What is the range of frequencies associated with*
   (a) Infrasound?
   (b) Ultrasound?

11.5 Applications of Ultrasound

Ultrasounds are high frequency waves. Ultrasounds are able to travel along well-defined paths even in the presence of obstacles. Ultrasounds are used extensively in industries and for medical purposes.

- Ultrasound is generally used to clean parts located in hard-to-reach places, for example, spiral tube, odd shaped parts, electronic components, etc. Objects to be cleaned are placed in a cleaning solution and ultrasonic waves are sent into the solution. Due to the high frequency, the particles of dust, grease and dirt get detached and drop out. The objects thus get thoroughly cleaned.
- Ultrasounds can be used to detect cracks and flaws in metal blocks. in construction of big structures like buildings, bridges, machines and also scientific equipment. The cracks or holes inside the metal blocks, which are invisible from outside reduces the strength of the structure. Ultrasonic waves are allowed to pass through the metal block and detectors are used to detect the transmitted waves. If there is even a small defect, the ultrasound gets reflected back indicating the presence of the flaw or defect, as shown in Fig. 11.14.

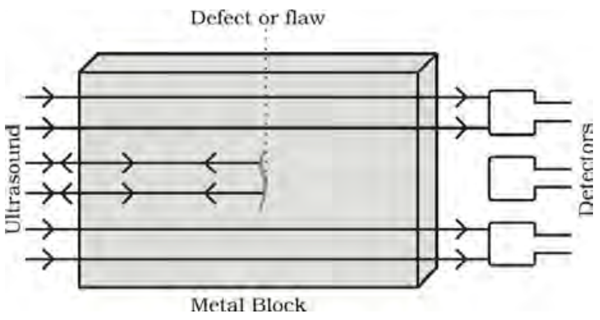


Fig 11.14: Ultrasound is reflected back from the defective locations inside a metal block.

Ordinary sound of longer wavelengths cannot be used for such purpose as it will bend around the corners of the defective location and enter the detector.

- Ultrasonic waves are made to reflect from various parts of the heart and form the image of the heart. This technique is called 'echocardiography'.
- Ultrasound scanner is an instrument which uses ultrasonic waves for getting images of internal organs of the human body. A doctor may image the patient's organs, such as the liver, gall bladder, uterus, kidney, etc. It helps the doctor to detect abnormalities, such as stones in the gall bladder and kidney or tumours in different organs. In this technique the ultrasonic waves travel through the tissues of the body and get reflected from a region where there is a change of tissue density.

దగ్గరగా ప్రయాణించే గబ్బిలాలను తెలుసుకొని తద్వారా వాటి ఉచ్చు నుంచి తప్పించుకుంటాయి. ఎలుకలు కూడా అతిధ్వనిని ఉత్పత్తి చేస్తూ ఆడుకుంటాయి.

వినికిడి సాధనాలు: వినికిడి శక్తి తక్కువగలవారు వినికిడి సాధనాల సహాయంను తీసుకుంటారు. వినికిడి సాధనం ఒక ఎలక్ట్రానిక్, బ్యాటరీతో కూడిన పరికరం. ఈ సాధనం మైక్రోఫోన్ ద్వారా ధ్వనులను గ్రహించును. మైక్రోఫోన్ ధ్వని తరంగాలను విద్యుత్ సంకేతాలుగా మార్చును. ఈ విద్యుత్‌సంకేతాలు ఆవర్ధకం ద్వారా ధ్వని తీవ్రతను పెంచును. ఈ ఆవర్ధనం కాబడిన విద్యుత్ సంకేతాలు వినికిడి సాధనం యొక్క స్పీకర్‌కు అందిస్తాయి. స్పీకర్ ఆవర్ధనం చేసిన ఎలక్ట్రికల్ సిగ్నల్స్‌ను ధ్వనిగా మార్చి, చెవి స్పష్టమైన ధ్వనిని వినేవిధంగా మార్చును.

ప్రశ్నలు

1. సాధారణ మానవుని యొక్క శ్రవ్య అవధి ఎంత?

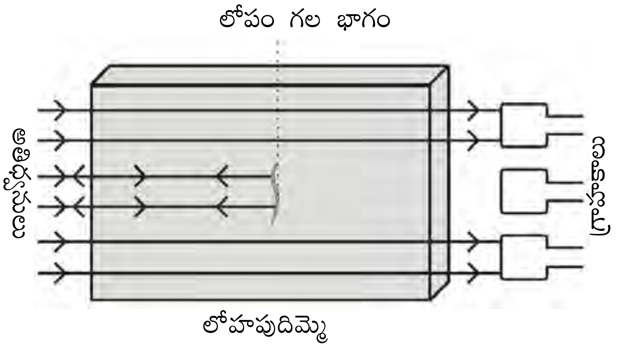
2. (ఎ) పరశ్రావ్యాలు

(బి) అతిధ్వనులకు అనుసంధానించబడిన పౌనఃపున్య హద్దులేవి?

11.5 అతి ధ్వనుల అనువర్తనాలు

అతి ధ్వనులు అధిక పౌనఃపున్యం గల తరంగాలు. అతి ధ్వనులు ప్రయాణించే దారిలో అడ్డుగోడలు ఉన్నప్పటికీ సరైన మార్గంలో ప్రయాణిస్తాయి. అతిధ్వనులను పరిశ్రమలలో మరియు వైద్య రంగంలో విరివిగా ఉపయోగిస్తారు.

- అతి ధ్వనులను సాధారణంగా సర్పిలా కారపు గొట్టము, సరైన ఆకారం లేని పరికరాలు, విద్యుత్ పరికరాలు మొదలగునటువంటి సరిగా శుభ్రంచేయటానికి వీలులేని ప్రదేశాలలో శుభ్రపరిచేందుకు ఉపయోగిస్తారు. శుభ్రపరచవలసిన వస్తువులను శుభ్రపరచే ద్రావణంలో ఉంచి, తరువాత ఆ ద్రావణం గుండా అతి ధ్వనులను పంపిస్తారు.అధిక పౌనఃపున్యం వలన దానిలో ఉన్న మురికి, గ్రీజు కణాలు వస్తువుల నుంచి బయటపడతాయి. అందువలన వస్తువులు చాలా బాగా శుభ్రపడతాయి.
- అతి ధ్వనులను లోహదిమ్మెలలో పగిలిన భాగాలు మరియు రంధ్రాలు ఉన్నట్లయితే వాటిని గుర్తించటానికి ఉపయోగిస్తారు. లోహ భాగాలు సాధారణంగా పెద్ద నిర్మాణాలైన బిల్డింగులు, బ్రిడ్జిలు, యంత్ర మరియు శాస్త్ర పరికరాల తయారీకి లేదా నిర్మాణానికి ఉపయోగిస్తారు. లోహపు బ్లాకులలో గల రంధ్రాలు బయటికి కనపడకుండా లోపల నిర్మాణం యొక్క గట్టితనాన్ని తగ్గిస్తాయి . లోహపుదిమ్మె లోపలి గుండా అతిధ్వనులను పంపించి ప్రసారమైన తరంగాలను గుర్తిస్తారు. వాటిలో ఏవైనా అతి చిన్న లోపాలు ఉన్నప్పటికీ వాటినుండి అతి ధ్వనులు వెనకకు వస్తాయి. తద్వారా దానిలోని లోపాలను పటం 11.14 లో లాగా గుర్తిస్తారు.



పటం 11.14: *లోహపు దిమ్మెలో లోపాలుగల స్థానాల నుండి అతిధ్వనులు పరావర్తనం చెందుట*

పొడవైన తరంగదైర్ఘ్యం గల సాధారణ ధ్వనులను ఇలాంటి అవసరాల కోసం ఉపయోగించరు. ఎందుకంటే అవి లోపం గల భాగం యొక్క అంచుల వద్ద వంగి గ్రాహకంలోకి ప్రవేశిస్తాయి.

- అతి ధ్వనులు గుండె యొక్క వివిధ భాగాల నుండి పరావర్తనం చెందించి గుండె యొక్క ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తాయి. ఈ నైపుణ్యతను 'ఎకో కార్డియోగ్రఫీ' అంటారు.
- మానవ శరీరంలోని అంతర్భాగాల ప్రతిబింబాలను అతి ధ్వనులను ఉపయోగించి పొందే పరికరమే అల్ట్రా సౌండ్ స్కానర్. ఒక డాక్టరు రోగి శరీర భాగాలైన కాలేయం, పిత్తాశయం, గర్భాశయం, మూత్రపిండాలు మొదలైన ఫోటోలను చిత్రించవచ్చు. తద్వారా అసాధారణంగా ఉన్న పిత్తాశయంలోని రాళ్లు మరియు మూత్రపిండాలు లేదా వివిధ భాగాలలో వచ్చు కణితులను డాక్టర్ గుర్తించడానికి ఉపయోగపడతాయి. ఈ అతిధ్వనులు శరీరంలోని కణజాలం ద్వారా ప్రయాణిస్తాయి మరియు కణజాల సాంద్రత మారిన దగ్గర పరావర్తనం చెందుతాయి.

These waves are then converted into electrical signals that are used to generate images of the organ. These images are then displayed on a monitor or printed on a film. This technique is called 'ultrasonography'. Ultrasonography is also used for examination of the foetus during pregnancy to detect congenial defects and growth abnormalities.

- Ultrasound may be employed to break small 'stones' formed in the kidneys into fine grains. These grains later get flushed out with urine.

What you have learnt

- Sound is produced due to vibration of different objects.
- Sound travels as a longitudinal wave through a material medium.
- Sound travels as successive compressions and rarefactions in the medium.
- In sound propagation, it is the energy of the sound that travels and not the particles of the medium.
- The change in density from one maximum value to the minimum value and again to the maximum value makes one complete oscillation.
- The distance between two consecutive compressions or two consecutive rarefactions is called the wavelength, λ.
- The time taken by the wave for one complete oscillation of the density or pressure of the medium is called the time period, *T*.
- The number of complete oscillations per unit time is called the frequency (ν), $\nu = \frac{1}{t}$.
- The speed υ, frequency ν, and wavelength λ, of sound are related by the equation, $\upsilon = \lambda\nu$.
- The speed of sound depends primarily on the nature and the temperature of the transmitting medium.
- The law of reflection of sound states that the directions in which the sound is incident and reflected make equal angles with the normal to the reflecting surface at the point of incidence and the three lie in the same plane.
- For hearing a distinct sound, the time interval between the original sound and the reflected one must be at least 0.1 s.
- The persistence of sound in an auditorium is the result of repeated reflections of sound and is called reverberation.

ఈ తరంగాలు అవయవ చిత్రాలను రూపొందించడానికి ఉపయోగించే విద్యుత్ సంకేతాలుగా మార్చబడతాయి. ఈ చిత్రాలు తదుపరి మానిటర్‌కి లేదా ఫిల్మ్‌పై ప్రింట్ వేయటానికి పంపబడతాయి. ఈ విధమైన సాంకేతికతను 'ఆల్ట్రా సోనోగ్రఫీ 'అంటారు. ఈ ఆల్ట్రా సోనోగ్రఫీని గర్భధారణ సమయంలో పిండ నిర్ధారణకు, పుట్టుకతో వచ్చే జన్యు లోపాలను గుర్తించుటకు మరియు పెరుగుదల లోపాలను గుర్తించుటకు ఉపయోగిస్తారు.

- ఈ అతిధ్వనులను ఉపయోగించి కిడ్నీలోని రాళ్లను చిన్న ముక్కలుగా పగులగొడతారు. తరువాత ఈ చిన్న రాళ్లు మూత్రం ద్వారా బయటికి పంపబడతాయి.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- వస్తువులలో కంపనాల వలన ధ్వని ఉత్పత్తి అవుతుంది.
- యానకం గుండా ధ్వని అనుదైర్ఘ్యతరంగాలుగా ప్రయాణిస్తుంది.
- యానకంలో ధ్వని వరుస సంపీడనాలు మరియు విరళీకరణాలు ఏర్పరుస్తూ ప్రయాణిస్తుంది.
- ధ్వని యానకంలో ప్రయాణించేటప్పుడు, యానకం లోని కణాలు ప్రయాణించవు. కేవలం శక్తి మాత్రమే ప్రసారం జరుగుతుంది.
- సాంద్రతలోని మార్పు ఒక గరిష్ట విలువ నుండి కనిష్ట విలువకు మరల గరిష్ట విలువకు చేరుతూ ఒక కంపనాన్ని పూర్తిచేస్తుంది.
- రెండు వరుస సంపీడనాలు లేదా రెండు వరుస విరళీకరణాల మధ్య దూరాన్ని తరంగదైర్ఘ్యం (λ) అంటారు.
- యానకం యొక్క సాంద్రత లేదా పీడనం ఒక పూర్తి కంపనం చేయుటకు తరంగానికి పట్టే సమయాన్ని కాలపరిమితి T అంటారు.
- ఒక ప్రమాణ కాలంలో పూర్తి చేయు కంపనాల సంఖ్యను పౌనఃపున్యం (ν) అంటారు.

$$\nu = \frac{1}{t}$$

- సమీకరణ రూపంలో ధ్వని యొక్క వేగం υ, పౌనః పున్యం ν మరియు తరంగదైర్ఘ్యము λ ల మధ్య సంబంధం, $\upsilon = \lambda\nu$.
- ధ్వని యొక్క వడి ప్రసార యానకపు స్వభావము మరియు ఉష్ణోగ్రత పై ఆధారపడి ఉంటుంది.
- ధ్వని పరావర్తన నియమాల ప్రకారం ధ్వని యొక్క పతన దిశ మరియు పరావర్తన దిశలు పరావర్తన తలము యొక్క లంబముతో పతన బిందు వద్ద చేసే కోణాలు సమానం మరియు అవి ఒకే తలంలో ఉంటాయి.
- విభిన్న ధ్వనిని వినాలంటే అసలు ధ్వనికి మరియు పరావర్తన ధ్వనికి మధ్య కనీసం 0.1 సె.కాలవ్యవధి ఉండాలి.
- ఆడిటోరియంలో ధ్వని అనేకమార్లు పరావర్తనాల మూలంగా సాగదీయబడిన ధ్వని వినిపిస్తుంది. దీనినే 'ప్రతినాదం' అంటారు.

- Sound properties such as pitch, loudness and quality are determined by the corresponding wave properties.
- Loudness is a physiological response of the ear to the intensity of sound.
- The amount of sound energy passing each second through unit area is called the intensity of sound.
- The audible range of hearing for average human beings is in the frequency range of 20 Hz – 20 kHz.
- Sound waves with frequencies below the audible range are termed "infrasonic" and those above the audible range are termed "ultrasonic".
- Ultrasound has many medical and industrial applications.

Exercises

1. What is sound and how is it produced?
2. Describe with the help of a diagram, how compressions and rarefactions are produced in air near a source of sound.
3. Why is sound wave called a longitudinal wave?
4. Which characteristic of the sound helps you to identify your friend by his voice while sitting with others in a dark room?
5. Flash and thunder are produced simultaneously. But thunder is heard a few seconds after the flash is seen, why?
6. A person has a hearing range from 20 Hz to 20 kHz. What are the typical wavelengths of sound waves in air corresponding to these two frequencies? Take the speed of sound in air as 344 m s^{-1}.
7. Two children are at opposite ends of an aluminium rod. One strikes the end of the rod with a stone. Find the ratio of times taken by the sound wave in air and in aluminium to reach the second child.
8. The frequency of a source of sound is 100 Hz. How many times does it vibrate in a minute?
9. Does sound follow the same laws of reflection as light does? Explain.
10. When a sound is reflected from a distant object, an echo is produced. Let the distance between the reflecting surface and the source of sound production remains the same. Do you hear echo sound on a hotter day?
11. Give two practical applications of reflection of sound waves.
12. A stone is dropped from the top of a tower 500 m high into a pond of water at the base of the tower. When is the splash heard at the top? Given, g = 10 m s^{-2} and speed of sound = 340 m s^{-1}.

- ధ్వని లక్షణాలైనా కీచుదనము, తీవ్రత మరియు నాణ్యత అనేవి వాటి సంబంధిత తరంగ లక్షణాలను బట్టి గుర్తిస్తారు.
- ధ్వని తీవ్రతకు చెవి యొక్క శారీరక ప్రతిస్పందననే 'తీవ్రత' అంటారు.
- ప్రమాణ వైశాల్యం గుండా ప్రతి సెకనులో ప్రయాణించే ధ్వని శక్తిని 'ధ్వని తీవ్రత' అంటారు.
- సాధారణ మానవుని యొక్క శ్రవ్యఅవధి పౌనఃపుణ్య హద్దు 20 హెర్ట్జ్ నుండి 20 కిలోహెర్ట్జ్‌గా ఉంటుంది.
- శ్రవ్య అవధికన్నా తక్కువ పౌనఃపుణ్యం గల ధ్వని తరంగాలను పరశ్రావ్యాలు అని అంటారు మరియు శ్రవ్య అవధి కన్నా ఎక్కువ పౌనఃపున్యం గల వాటిని అతి ధ్వనులు అంటారు.
- అతిధ్వనులను వైద్య మరియు పరిశ్రమ రంగాలలో ఉపయోగిస్తారు.

అభ్యాసాలు

1. ధ్వని అనగానేమి? అది ఎలా ఉత్పత్తి అవుతుంది?
2. ధ్వని జనకానికి దగ్గరగా సంపీడన విరళీకరణాలు ఏ విధంగా ఉత్పత్తి చేయబడతాయో పట సహాయంతో వివరించండి?
3. ధ్వని తరంగాన్ని అనుదైర్ఘ్య తరంగం అని ఎందుకు అంటారు?
4. స్నేహితులతో కలిసి మీ స్నేహితుడు చీకటి గదిలో కూర్చొని ఉన్నాడు మీ స్నేహితుని గొంతును గుర్తుపట్టడానికి ధ్వని యొక్క ఏ లక్షణం నీకు సహాయం చేస్తుంది?
5. ఉరుము మరియు మెరుపు వరుసగా ఒకేసారి సంభవిస్తాయి. కానీ మెరుపు వచ్చిన కొన్ని సెకనుల తర్వాత ఉరుము శబ్దం వినబడుతుంది. ఎందుకు?
6. ఒక వ్యక్తి యొక్క శ్రవ్య అవది 20 Hz నుండి 20 kHz. గాలిలో ధ్వని తరంగ ప్రసారానికి ఈ పౌనఃపున్యాలకు తగిన తరంగదైర్ఘ్యాలు ఏవి? గాలిలో ధ్వని వేగాన్ని 344 మీ./సె.గా తీసుకోండి.
7. ఒక అల్యూమినియం కడ్డీకి ఇరువైపులా ఇద్దరు పిల్లలు ఉన్నారు. ఒకరు కడ్డీని ఒక వైపున రాయితో కొట్టారు. ధ్వని తరంగం రెండవ పిల్లవానికి గాలిగుండా మరియు అల్యూమినియం కడ్డీగుండా చేరుటకు పట్టు కాలాల నిష్పత్తిని కనుగొనండి?.
8. ధ్వని జనకం యొక్క పౌనఃపున్యం 100 హెర్ట్జ్. అది ఒక నిమిషంలో ఎన్ని సార్లు కంపనాలు చేస్తుంది.?
9. ధ్వని కూడా కాంతి వలె పరావర్తన నియమాలను పాటిస్తుందా? వివరించండి?
10. దూరంగా గల వస్తువు నుండి పరావర్తనం చెందిన ధ్వని వలన ఒక ప్రతిధ్వని ఏర్పడినది. ధ్వని జనకం మరియు పరావర్తక తలాల మధ్య దూరం సమానం అని అనుకోండి. ఎండ వేడిమి ఎక్కువగా ఉన్న రోజులలో కూడా మీరు ప్రతిధ్వనిని వినగలరా?
11. ధ్వనితరంగ పరావర్తనాల ఏవైనా రెండు అనువర్తనాలు రాయండి?
12. ఒక రాయి 500 మీటర్ల ఎత్తు గల శిఖరం పైభాగం నుండి శిఖరం ఆధారం దగ్గర గల నీటి కుంటలోకి విసరపడింది. నీటి కుంట నుండి వచ్చిన ధ్వని పైభాగానికి ఎప్పుడు వినపడుతుంది? g = 10 మీ.సె.$^{-2}$ మరియు ధ్వనివేగము = 340 మీ.సె.$^{-1}$

13. A sound wave travels at a speed of 339 m s^{-1}. If its wavelength is 1.5 cm, what is the frequency of the wave? Will it be audible?
14. What is reverberation? How can it be reduced?
15. What is loudness of sound? What factors does it depend on?
16. How is ultrasound used for cleaning?
17. Explain how defects in a metal block can be detected using ultrasound.

13. ఒక ధ్వని తరంగం 339 మీ.సె.$^{-1}$ వేగంతో ప్రయాణిస్తుంది. దాని తరంగదైర్ఘ్యం 1.5 సెం.మీ, అయిన ఆ తరంగం పౌనఃపున్యం ఎంత? ఆ ధ్వని వినబడుతుందా?
14. ప్రతినాదం అనగానేమి? దానిని ఎలా తగ్గిస్తారు?
15. ధ్వని తీవ్రత అనగానేమి? దానిని ప్రభావితం చేసే అంశాలేవి?
16. శుభ్రపరచుటలో అతి ధ్వనులు ఏ విధంగా ఉపయోగపడతాయి?
17. అతిధ్వనులను ఉపయోగించి లోహ దిమ్మెలలో లోపాలను ఏ విధంగా గుర్తిస్తారో వివరించండి?

Answers

Chapter 8

4. c
5. 2 m s^{-2}, 14000 N
6. – 4 N
7. (a) 35000 N
   (b) 1.944 m s^{-2}
8. 2550 N in a direction opposite to the motion of the vehicle
9. d
10. 200 N
13. 3 kg m s^{-1}
14. 2.25 m; 50 N
15. 10 kg m s^{-1}; 10 kg m s^{-1}; 5/3 m s^{-1}
16. 500 kg m s^{-1}; 800 kg m s^{-1}; 50 N
18. 40 kg m s^{-1}

A2. 240 N

A3. 2500 N

A4. 5 m s^{-2}; 24000 kg m s^{-1}; 6000 N

Chapter 9

3. 9.8 N
12. Weight on earth is 98 N and on moon is 16.3 N.
13. Maximum height is 122.5 m and total time is 5 s + 5 s = 10 s.
14. 19.6 m/s
15. Maximum height = 80 m, Net displacement = 0, Total distance covered = 160 m.
16. Gravitational force = 3.56×10^{22} N.
17. 4 s, 80 m from the top.
18. Initial velocity = 29.4 m s^{-1}, height = 44.1 m. After 4 s the ball will be at a distance of 4.9 m from the top or 39.2 m from the bottom.
21. The substance will sink.
22. The packet will sink. The mass of water displaced is 350 g.

జవాబులు

అధ్యాయం 8

4. c
5. 2 మీ.సె.$^{-2}$, 14000 N
6. – 4 N
7. (a) 35000 N

   (b) 1.944 మీ.సె.$^{-2}$
8. 2550 N బలం చలిస్తున్న వాహనంకు వ్యతిరేకదిశలో ఉంది.
9. d
10. 200 N
13. 3 కి. గ్రా. మీ.సె.$^{-2}$
14. 2.25 m; 50 N
15. 10 కి. గ్రా. మీ.సె.$^{-1}$; 10 కి. గ్రా. మీ.సె.$^{-2}$; 5/3 మీ.సె.$^{-1}$
16. 500 కి. గ్రా. మీ.సె.$^{-1}$; 800 కి. గ్రా. మీ.సె.$^{-1}$; 50 N
18. 40 కి. గ్రా. మీ.సె.$^{-1}$

A2. 240 N

A3. 2500 N

A4. 5 మీ.సె.$^{-2}$; 24000 కి. గ్రా. మీ.సె.$^{-1}$; 6000 N

అధ్యాయం 9

3. 9.8 N
12. భూమిపై ద్రవ్యరాశి 98 న్యూటన్లు, చంద్రునిపై ద్రవ్యరాశి 16.3 న్యూటన్లు
13. గరిష్ఠ ఎత్తు 122.5 మీ. మరియు మొత్తం కాలం is 5 సె + 5 సె = 10 సె.
14. 19.6 మీ/సె
15. గరిష్ఠ ఎత్తు = 80 మీ. స్థానభ్రంశం = 0, మొత్తం ప్రయాణించిన దూరం = 160 మీ.
16. గురుత్వాకర్షణ బలం = 3.56×10^{22} N.
17. 4 s, 80 మీ. పై నుండి.
18. తొలి వేగం = 29.4 మీ.సె.$^{-1}$, ఎత్తు = 44.1 మీ. పైనుండి 4 సె. తరువాత బంతిపై నుండి 4.9 మీ. ఎత్తున, కింద నుండి 39.2 మీ. లో ఉండును.
21. పదార్థం మునుగును.
22. పాకెట్ మునుగును. 350 గ్రా. నీరు స్థానభ్రంశం చెందును,.

Chapter 10

2. Zero
4. –210 J
5. Zero
9. 9×10^8 J
10. 2000 J, 1000 J
11. Zero
14. 5.4×10^7 J
17. 208333.3 J
18. (i) Zero
    (ii) Positive
    (iii) Negative
20. 7.2×10^7 J

Chapter 11

7. 17.2 m, 0.0172 m
8. 18.55
9. 6000
13. 11.47 s
14. 22,600 Hz

అధ్యాయం 10

2. శూన్యం
4. –210 J
5. శూన్యం
9. 9×10^8 J
10. 2000 J, 1000 J
11. శూన్యం
14. 5.4×10^7 J
17. 208333.3 J
18. (i) శూన్యం
    (ii) ధనాత్మకం
    (iii) ఋణాత్మకం
20. 7.2×10^7 J

అధ్యాయం 11

7. 17.2 మీ. 0.0172 మీ.
8. 18.55
9. 6000
13. 11.47 సె.
14. 22,600 Hz