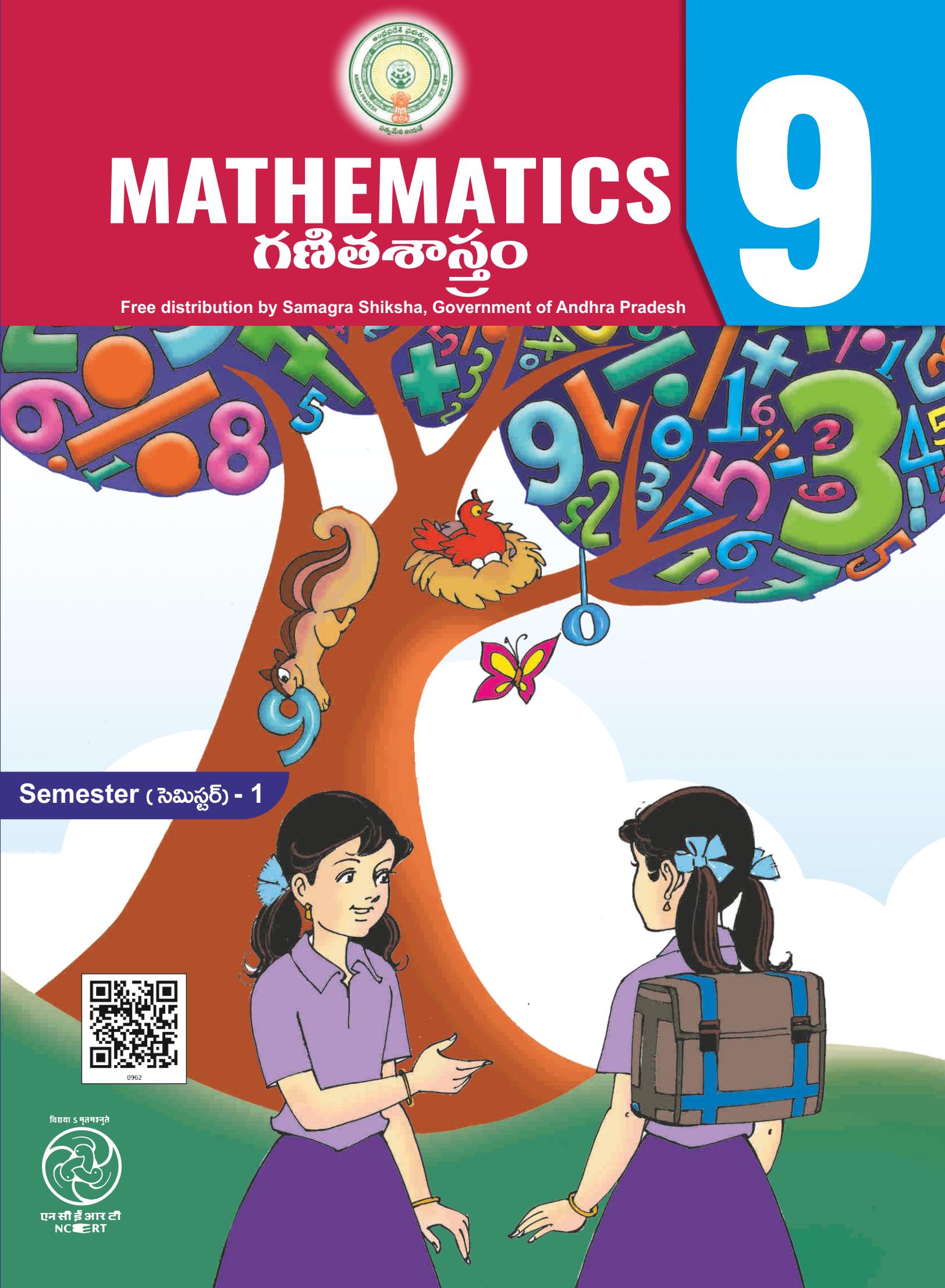
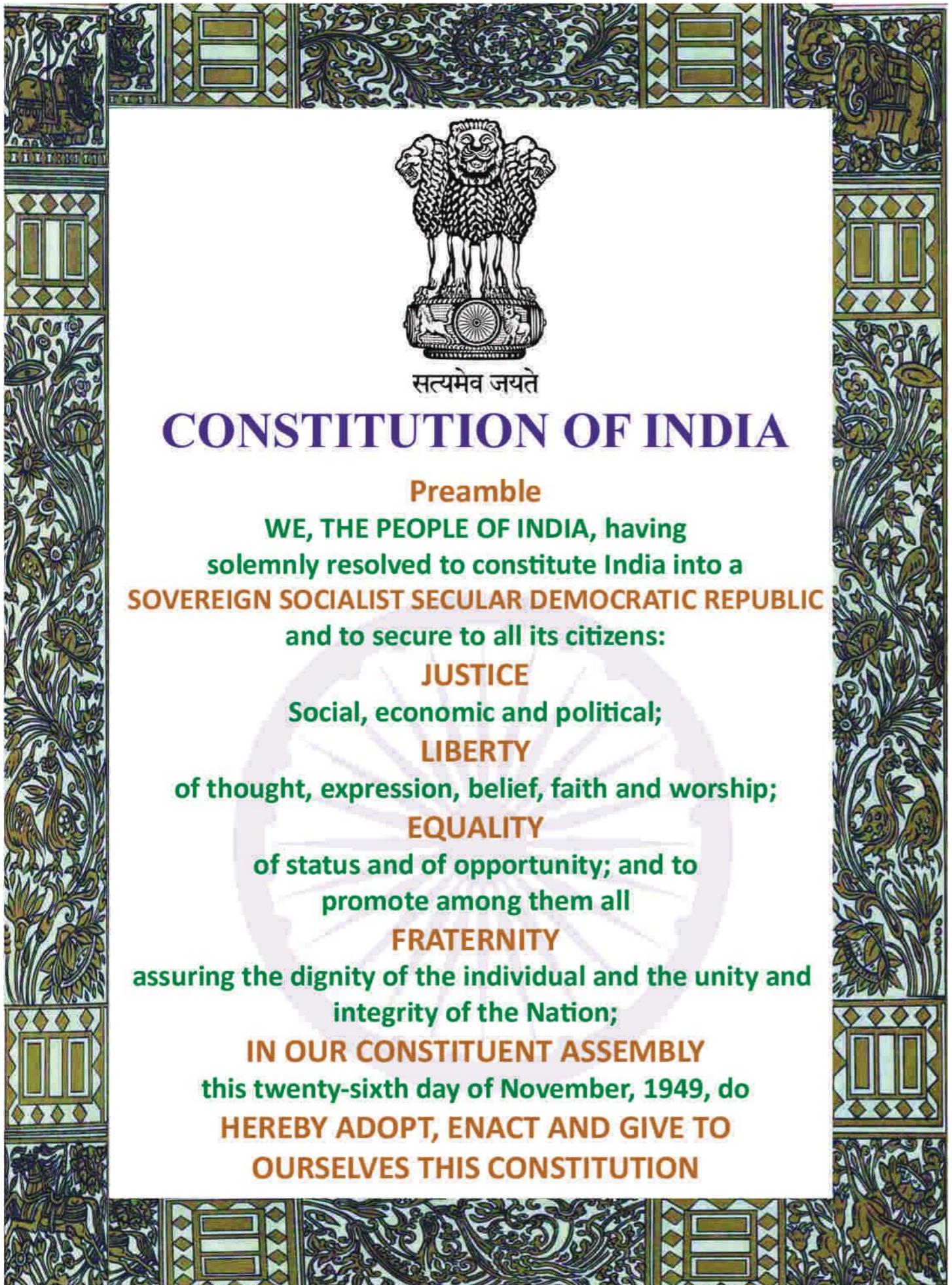


State Council of Educational Research and Training  
Andhra Pradesh



Mathematics రాష్ట్రాన్ని  
Semester (సమస్తం) - 1 Class IX





# 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 రాజ్యంగం - పార విధాలు

1. రాజ్యంగమునకు బద్ధుడై వుండుట, దాని ఆదర్శాలను, సంస్థలను, జాతీయ పతాకమును, జాతీయ గీతమును గౌరవించుట;
2. జాతీయ స్వాతంత్ర్య పోరాటమునకు స్వాద్వినిఖిన ఉన్నతాదర్శములను మనస్సుయందు ఉంచుకొని వాటిని అనుసరించుట;
3. భారత సార్వభోషమత్తం, ఐక్యత, అభిందతను సమర్థించుట మరియు సంరక్షించుట.
4. దేశమును రక్షించుట మరియు కోరినపుడు జాతికి సేవ చేయుట;
5. భారత ప్రజల మధ్య మత, భాష, ప్రాంతీయ, వర్గ వైవిధ్యములను అధిగమించి, సామరస్యమును, సోదర భావమును పెంపాందించుట, ప్రీల గౌరవం తగ్గించు ఆచారములను విడనాడుట;
6. మన ఉమ్మడి సంస్కారినీ, సుసంపన్న సంప్రదాయాలను గౌరవించి రక్షించుట;
7. అడవులు, సరస్సులు, నదులు, అడవి జంతువులతో సహ ప్రాకృతిక పరిసరాలను కాపాడి అభివృద్ధి చేయుట మరియు సమస్త జీవుల యొడల కరుణార్థత కలిగి వుండుట.
8. శాస్త్రియ దృక్పథాన్ని, మానవతావాదాన్ని, జిజ్ఞాసను, సంస్కరణ తత్త్వాన్ని పెంపాందించుకొనటం;
9. ప్రజల ఆస్తిని సంరక్షించుట, హింసను విడనాడుట;
10. ప్రయత్నాలు, సాధనల ఉన్నతస్థాయిలను నిరంతరం అందుకొనునట్లుగా వైయుక్త, సమిష్ట కార్య రంగాలన్నింటిలో వ్రేష్ట కోసం, కృషి చేయుట ప్రాథమిక కర్తవ్యమై వుండవలెను.
11. ఆరు నుండి పద్మాలుగు సంవత్సరముల వయస్సు కలిగిన బాలునికి లేదా బాలికకు తలి తండ్రి లేదా సంరక్షకునిగావన్న వ్యక్తి తనబిడ్డ లేదా సందర్భానుసారము తన సంరక్షితునికి విద్యార్థునకు అపకాశములు కల్పించవలెను.

(అధికరణ 51 A)

## విద్యాహక్కు చట్టం

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

చట్టంలోని ముఖ్యంగాలు:

- పిల్లలందరికి అందుబాటులో పారశాలలను ఏర్పాటుచేయాలి.
- పారశాలలను మార్లిక వసతులను కల్పించాలి.
- పిల్లలందరిని వయస్సుకు తగిన తరగతిలో చేర్చించాలి.
- వయస్సుకు తగ్గ తరగతిలో చేర్చిన తర్వాత తోటి వారితో సమానంగా ఉండటానికి ప్రత్యేకశిక్షణ ఇప్పించాలి.
- ప్రత్యేక అవసరాలు కల్గిన పిల్లలకు సాధారణ పిల్లలతోపాటు విద్యకొనసాగించడానికి తగువసతులు విర్మాటల్లు చేయాలి.
- బడిలో చేర్చుకొనికి ఎలాంటి పరీక్షలు నిర్వహించరాదు. ఎటువంటి రుసుము, చార్టీలు వసూలు చేయరాదు.
- బడిలో చేర్చిన పిల్లల పేరు తీసివేయడం, అదే తరగతిలో కొనసాగించడం చేయరాదు.
- పిల్లల్ని చారీరకంగా, మానసికంగా హింసించరాదు.
- వయస్సు నిర్ధారణ పత్రం, ఇతర ధృవీకరణ పత్రాలు లేవనే కారణం చేత పిల్లలకు బడిలో ప్రవేశాన్ని నిరాకరించరాదు.
- తగిన అర్ద తలున్న వారిని మాత్రమే ఉపాధ్యాయులుగా నియమించాలి.
- పిల్లలు నిర్దేశించిన సామాన్యాలు సాధించేలా బోధనాభ్యసనం, మూలాయంకనం ఉండాలి.
- ఎలిమెంటరీ విద్య పూర్తయేవరకు పిల్లలకు ఎలాంటి బోర్డు పరీక్షలు నిర్వహించరాదు.
- పద్మాలుగు సంవత్సరాలు పూర్తయినపుటికినీ, ఎలిమెంటరీ విద్య పూర్తయేవరకు పారశాలలో పిల్లలు కొనసాగవచ్చును.
- బలహీన వర్గాలకు, ప్రతికూల పరిస్థితులను ఎదుర్కొంటున్న బృందాలకు చెందిన పిల్లలు ఏ విధమైన విషక్తతకు గురికాకుండా చూడాలి.
- రాజ్యంగంలో పాంచవరిచిన విలువలకు అనుగుణంగా, విద్యార్థులను భయం, అందోళనకు గురిచేయసి రీతిలో వార్షికోముఖ్యమైన తోడ్పడే పార్యాప్రణాళిక రూపాందించాలి.

# **MATHEMATICS**

## **Class IX (Semester - 1)**

### **Text Book Development Committee**

**Sri. Praveen Prakash I.A.S**

Principal Secretary to Government

Department of School Education, AP, Amaravati.

**Sri. S. Suresh Kumar IAS**

Commissioner of School Education & State Project Director,  
Samagra Shiksha AP, Amaravati.

**Ms. Nidhi Meena IAS**

Special Officer, English Medium Project, O/o CSE, AP, Amaravati.

**Dr. B. Pratap Reddy MA., B.Ed., Ph.D.**

Director, SCERT, AP, Amaravati.

**Sri. K. Ravindranath Reddy MA., B.Ed.**

Director, Government Textbook Press, AP, Amaravati.

### **Programme Co-ordinators**

**Dr. G. Kesava Reddy, MSc, MSc, MEd, MPhil, PhD**

Prof. C&T, SCERT, AP

### **Subject Co-ordinators**

**Sri. K. Satish Babu**

Professor, SCERT, AP

**Sri. S. Satish**

Leturer in Mathematics, SCERT, AP

### **Technical Co-ordinator**

**Dr. Ch.V.S. Ramesh Kumar**

Faculty, SCERT, AP

**State Council of Educational Research & Training  
Andhra Pradesh**



**Published by Samagra Shiksha, Government of Andhra Pradesh, Amaravati.**



© 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 copy right 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. Textbook Press  
Amaravati  
Andhra Pradesh

## Translators

**Sri G. Bhaskar Reddy, SA (Maths),  
ZPHS, Venkatagiri, Tirupati**

**Sri P. Ravi Sankar, SA (Maths),  
ZPHS, Komaragiri, Kakinada**

**Sri. Sd. Shahinsha, SA (Maths), MPLHS,  
Ch.R. Palem, Bhimavaram, West Godavari**

**Sri K. Madhusudhan, TGT (Maths),  
APMS, Bandi Atmakur, Nandyal**

**Smt. M. Sandhya Rani, SA (Maths),  
KGBV, Gurla, Vizianagaram**

**Sri. N. Prasad Babu, SA (Maths),  
ZPHS, Agiripalli, Eluru**

**Sri A. Appanna, Lecturer (D),  
Govt. DIET, Srikakulam**

**Smt. Y. Jaya Bharati, SA (Maths),  
ZPHS (G), Giddalur, Prakasam**

**Dr. Ch. Ramesh, SA (Maths),  
MPUPS, Vallabhabaopalem, Guntur**

**Sri. H. Aruna siva Prasad, SA (Maths),  
ZPHS, Mangalapalli, Chittoor**

**Smt. P. Vijaya Kumari, TGT (Maths),  
APMS, Dechavaram, Guntur**

## Editors for Translation

**Dr. D.S.N. Sastry, Rtd. Principal,  
AJ College of Education, Machilipatnam**

**Dr. P. Satyanarayana Sarma, Rtd. Lecturer,  
Montessori College of Education, Vijayawada**

**Sri. S. Mahesh, PGT,  
JNV, Visakhapatnam (CBSE)**

**Sri. Kesiraju Srinivas  
Professor, SCERT, A.P**

**Sri. M. Somasekhara Brahmanandam  
Faculty, SCERT, A.P**

**Sri. A.S.V. Prabhakar  
Faculty, SCERT, A.P**

**Designing & Page Layout : Stock Assortment, Bapatla.**

## **FOREWORD**

The National Curriculum Framework (NCF) 2005, recommends that children's life at school must be linked to their life outside the school. This principle marks a departure from the legacy of bookish learning which continues to shape our system and causes a gap between the school, home and community. The syllabi and textbooks developed on the basis of NCF signify an attempt to implement this basic idea. They also attempt to discourage rote learning and the maintenance of sharp boundaries between different subject areas. We hope these measures will take us significantly further in the direction of a child-centred system of education outlined in the national Policy on Education (1986).

The success of this effort depends on the steps that school principals and teachers will take to encourage children to reflect on their own learning and to pursue imaginative activities and questions. We must recognize that, given space, time and freedom, children generate new knowledge by engaging with the information passed on to them by adults. Treating the prescribed textbook as the sole basis of examination is one of the key reasons why other resources and sites of learning are ignored. Inculcating creativity and initiative is possible if we perceive and treat children as participants in learning, not as receivers of a fixed body of knowledge.

This aims imply considerable change in school routines and mode of functioning. Flexibility in the daily time-table is as necessary as rigour in implementing the annual calendar so that the required number of teaching days are actually devoted to teaching. The methods used for teaching and evaluation will also determine how effective this textbook proves for making children's life at school a happy experience, rather than a source of stress or boredom. Syllabus designers have tried to address the problem of curricular burden by restructuring and reorienting knowledge at different stages with greater consideration for child psychology and the time available for teaching. The textbook attempts to enhance this endeavour by giving higher priority and space to opportunities for contemplation and wondering, discussion in small groups, and activities requiring hands-on experience.

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) appreciates the hard work done by the textbook development committee responsible for this book. We wish to thank the Chairperson of the advisory group in science and mathematics, Professor J.V. Narlikar and the Chief Advisor for this book, Professor P. Sinclair of IGNOU, New Delhi for guiding the work of this committee. Several teachers contributed to the development of this textbook; we

are grateful to their principals for making this possible. We are indebted to the institutions and organizations which have generously permitted us to draw upon their resources, material and personnel. We are especially grateful to the members of the National Monitoring Committee, appointed by the Department of Secondary and Higher Education, Ministry of Human Resource Development under the Chairpersonship of Professor Mrinal Miri and Professor G.P. Deshpande, for their valuable time and contribution. As an organisation committed to systemic reform and continuous improvement in the quality of its products, NCERT welcomes comments and suggestions which will enable us to undertake further revision and refinement.

New Delhi  
*20 December 2005*

*Director*  
National Council of Educational  
Research and Training

## **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, special care has been taken in designing the textbooks to achieve global standards. As part of this the Government of Andhra Pradesh has decided to introduce NCERT Textbooks from class VI onwards.*

*As a part of the curricular reform, an effort was made to ensure quality transaction of textbooks, bilingual method was used. The mathematical concepts in the text book are developed based on themes like Number System, Arithmetic, Algebra, Mensuration, Geometry and Statistics. In this text book, concepts are introduced through activities related to daily life situations and conversations. To strengthen these concepts, individual activities, group activities and whole class activities are designed. The textbook attempted to enhance this endeavor through incorporating QR codes in each chapter to enable efficient learning outside the class room.*

*We are grateful to our Honourable Chief Minister, Sri Y.S. Jagan Mohan Reddy, Andhra Pradesh 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, Honourable Minister of Education for striving towards qualitative education. Our special thanks to Sri. Praveen Prakash, IAS, Principal Secretary, School Education, Sri. S. Suresh Kumar, IAS, Commissioner, School Education and State Project Director, Samagra Shiksha Ms. Nidhi Meena, IAS, Special Officer, English Medium Project for their constant motivation and guidance.*

*We convey our sincere thanks to the text book writers, who studied curriculum and best practices across the globe to reach global standards. Our heartfelt thanks to Director NCERT in designing the text book and for issuing copyrights to print the textbooks by the State Government. We also thank our Coordinators, Editors, Subject Coordinators, Technical team members, Artists, DTP and Layout designers for their contribution in the development of this text book. We invite constructive feedback from the teachers, parents and Educationalists for the further refinement of the text book.*

Dr. B. Pratap Reddy  
*Director*  
**SCERT – Andhra Pradesh**

## **RATIONALISATION OF CONTENT IN THE TEXTBOOKS**

In view of the COVID-19 pandemic, it is imperative to reduce content load on students. The National Education Policy 2020, also emphasises reducing the content load and providing opportunities for experiential learning with creative mindset. In this background, the NCERT has undertaken the exercise to rationalise the textbooks across all classes. Learning Outcomes already developed by the NCERT across classes have been taken into consideration in this exercise.

**Contents of the textbooks have been rationalised in view of the following:**

- Overlapping with similar content included in other subject areas in the same class
- Similar content included in the lower or higher class in the same subject
- Difficulty level
- Content, which is easily accessible to students without much interventions from teachers and can be learned by children through self-learning or peer-learning
- Content, which is irrelevant in the present context

*This present edition, is a reformatted version after carrying out the changes given above.*

## TEXTBOOK DEVELOPMENT COMMITTEE

### **CHAIRPERSON, ADVISORY GROUP IN SCIENCE AND MATHEMATICS**

J.V. Narlikar, *Emeritus Professor, Chairman, Advisory Committee, Inter University Centre for Astronomy & Astrophysics (IUCAA), Ganeshkhind, Pune University, Pune*

### **CHIEF ADVISOR**

P. Sinclair, Director, NCERT and *Professor of Mathematics*, IGNOU,  
New Delhi

### **CHIEF COORDINATOR**

Hukum Singh, *Professor (Retd.)*, DESM, NCERT

### **MEMBERS**

A.K. Wazalwar, *Professor and Head*, DESM, NCERT

Anjali Lal, *PGT*, DAV Public School, Sector-14, Gurgaon

Anju Nirula, *PGT*, DAV Public School, Pushpanjali Enclave, Pitampura, Delhi

G.P. Dikshit, *Professor (Retd.)*, Department of Mathematics & Astronomy, Lucknow University, Lucknow

K.A.S.S.V. Kameswara Rao, *Associate Professor*, Regional Institute of Education, Bhubaneswar

Mahendra R. Gajare, *TGT*, Atul Vidyalaya, Atul, Dist. Valsad

Mahendra Shanker, *Lecturer (S.G.) (Retd.)*, NCERT

Rama Balaji, *TGT*, K.V., MEG & Centre, ST. John's Road, Bangalore

Sanjay Mudgal, *Lecturer*, CIET, NCERT

Shashidhar Jagadeeshan, *Teacher and Member*, Governing Council, Centre for Learning, Bangalore

S. Venkataraman, *Lecturer*, School of Sciences, IGNOU, New Delhi

Uaday Singh, *Lecturer*, DESM, NCERT

Ved Dudeja, *Vice-Principal (Retd.)*, Govt. Girls Sec. School, Sainik Vihar, Delhi

### **MEMBER-COORDINATOR**

Ram Avtar, *Professor (Retd.)*, DESM, NCERT (till December 2005)

R.P. Maurya, *Professor*, DESM, NCERT (Since January 2006)

## ACKNOWLEDGEMENTS

The Council gratefully acknowledges the valuable contributions of the following participants of the Textbook Review Workshop: A.K. Saxena, *Professor* (Retd.), Lucknow University, Lucknow; Sunil Bajaj, *HOD*, SCERT, Gurgaon; K.L. Arya, *Professor* (Retd.), DESM, NCERT; Vandita Kalra, *Lecturer*, Sarvodaya Kanya Vidyalaya, Vikas Puri, District Centre, New Delhi; Jagdish Singh, *PGT*, Sainik School, Kapurthala; P.K. Bagga, *TGT*, S.B.V. Subhash Nagar, New Delhi; R.C. Mahana, *TGT*, Kendriya Vidyalaya, Sambalpur; D.R. Khandave, *TGT*, JNV, Dudhnoi, Goalpara; S.S. Chattopadhyay, *Assistant Master*, Bidhan Nagar Government High School, Kolkata; V.A. Sujatha, *TGT*, K.V. Vasco No. 1, Goa; Akila Sahadevan, *TGT*, K.V., Meenambakkam, Chennai; S.C. Rauto, *TGT*, Central School for Tibetans, Mussoorie; Sunil P. Xavier, *TGT*, JNV, Neriyamangalam, Ernakulam; Amit Bajaj, *TGT*, CRPF Public School, Rohini, Delhi; R.K. Pande, *TGT*, D.M. School, RIE, Bhopal; V. Madhavi, *TGT*, Sanskriti School, Chanakyapuri, New Delhi; G. Sri Hari Babu, *TGT*, JNV, Sirpur Kagaznagar, Adilabad; and R.K. Mishra, *TGT*, A.E.C. School, Narora.

Special thanks are due to M. Chandra, *Professor* and *Head* (Retd.), DESM, NCERT for her support during the development of this book.

The council acknowledges the valuable inputs for analysing syllabi, textbooks and the content, proposed to be rationalised for this edition by Gupreet Bhatnagar, CBSE Resource Person; Rahul Sofat, CBSE Resource Person; Ashutosh K. Wazalwar, *Professor*, DESM, NCERT and T.P. Sarma, *Professor*, DESM, NCERT.

The Council acknowledges the efforts of *Computer Incharge*, Deepak Kapoor; *D.T.P. Operator*, Naresh Kumar; *Copy Editor*, Pragati Bhardwaj; and *Proof Reader*, Yogita Sharma.

Contribution of APC–Office, administration of DESM, Publication Department and Secretariat of NCERT is also duly acknowledged.

## NATIONAL ANTHEM

*Jana gana mana adhinayaka jaya he  
Bharata bhagya vidhata  
Panjaba Sindhu Gujarata Maratha  
Dravida Utkala Banga  
Vindhya Himachala Yamuna Ganga  
uchchala jaladhi taranga  
Tava Subha name jage, tave subha  
asisa mage,  
gahe tava jaya gatha.  
Jana gana mangala dayaka jaya he  
Bharata bhagya vidhata.  
Jaya he, Jaya he, Jaya he,  
jaya jaya jaya jaya he.*

-Rabindranath Tagore

## జాతీయ గీతం

జనగణమన అభినాయక జయహే!  
భారత భాగ్యవిధాతా!  
పంజాబు, సింధు, గుజరాతు, మరాతా,  
ద్రావిడు, ఉత్కల, వంగా!  
వింధ్య, హిమాచలు, యమునా, గంగా!  
ఉచ్చల జలధి తరంగా!  
తవ శుభనామే జాగే!  
తవ శుభ ఆశిషు మాగే  
గాహే తవ జయగాథా!  
జనగణ మంగళదాయక జయహే!  
భారత భాగ్యవిధాతా!  
జయహే! జయహే! జయహే!  
జయ జయ జయ జయహే!!

-రహింద్రనాథ్ రాఘవార్

## PLEDGE | ప్రతిజ్ఞ

India is my country. All Indians are my brothers and sisters.  
I love my country and I am proud of its rich and varied heritage.

I shall always strive to be worthy of it.

I shall give my parents, teachers and all elders respect,  
and treat everyone with courtesy. I shall be kind to animals.

To my country and my people, I pledge my devotion.

In their well-being and prosperity alone lies my happiness.

- Pydimarri Venkata Subba Rao

భారతదేశం నా మాతృభూమి. భారతీయులందరూ నా సహాదరులు.  
నేను నా దేశాన్ని ప్రేమిస్తున్నాను. సుసంపన్నమైన, బహులిధమైన నా దేశ వారసత్వ  
సంపద నాకు గర్వకారణం. టీసికి అర్పుత పాండాలికై సర్వదా నేను కృషి చేస్తాను.  
నా తల్లిదండ్రులై, ఉపాధ్యాయులై, పెద్దలందర్లు గౌరవిస్తాను. ప్రతివాలతోను మర్కుదగా  
నడుచుకొంటాను. జంతువులపట్ల దయతో ఉంటాను.  
నా దేశంపట్ల, నా ప్రజలపట్ల నేవాసిరతితో ఉంటానని ప్రతిజ్ఞ చేస్తున్నాను.  
వాల శ్రేయోభవ్యద్ధులే నా ఆనందానికి మూలం.

- పైదిమల్ వెంకటసుబ్బరావు

# MATHEMATICS

## రణితం

### Class / తరగతి - IX

### Semester (సెమిస్టర్) - I

### CONTENTS / విషయ సూచిక

---

<b>Chapter 1</b>	Number System	
<b>అధ్యయం 1</b>	సంఖ్యామానం	<b>2 - 49</b>
<b>Chapter 2</b>	Polynomials	
<b>అధ్యయం 2</b>	బహుపదులు	<b>50 - 85</b>
<b>Chapter 3</b>	Co-ordinate Geometry	
<b>అధ్యయం 3</b>	నిరూపక జ్ఞానితి	<b>86 - 109</b>
<b>Chapter 4</b>	Linear Equations in two variables	
<b>అధ్యయం 4</b>	రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణాలు	<b>110 - 119</b>
<b>Chapter 5</b>	Introduction to Euclid's Geometry	
<b>అధ్యయం 5</b>	యూక్లిడ్ జ్ఞానితి పరిచయం	<b>120 - 137</b>
<b>Chapter 6</b>	Lines and Angles	
<b>అధ్యయం 6</b>	రేఖలు మరియు కొఱకాలు	<b>138 - 165</b>
<b>Appendix.1</b>	Proofs in Mathematics	
<b>అనుబంధం-1</b>	గణితంలో నిరూపణలు	<b>166 - 205</b>
Answers		
<b>జవాబులు</b>		<b>206 - 238</b>



P7F9E2

Teacher Corner



HUNIYS

Student Corner

**CHAPTER 1**

## NUMBER SYSTEMS

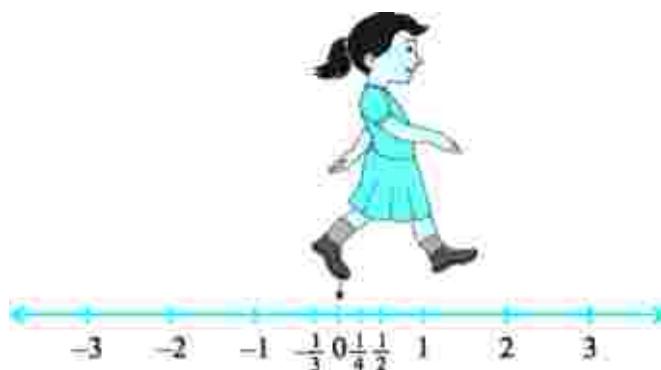
### 1.1 Introduction

In your earlier classes, you have learnt about the number line and how to represent various types of numbers on it (see Fig. 1.1).



**Fig. 1.1 : The number line**

Just imagine you start from zero and go on walking along this number line in the positive direction. As far as your eyes can see, there are numbers, numbers and numbers!



**Fig. 1.2**

Now suppose you start walking along the number line, and collecting some of the numbers. Get a bag ready to store them!



## అధ్యాయం 1

### సంఖ్యామానం

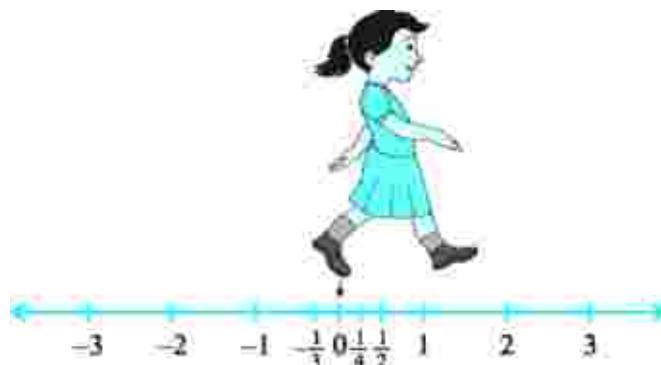
#### 1.1 పరిచయం

మీ క్రింద తరగతులలో, మీరు సంఖ్యారేఖ గురించి మరియు దానిపై వివిధ రకాల సంఖ్యలను ఎలా సూచించాలో నేర్చుకున్నారు (పటం 1.1 చూడండి).



పటం 1.1 : సంఖ్యారేఖ

మీరు సున్నా నుండి ప్రారంభించి, సానుకూల దిశలో ఈ సంఖ్యారేఖ వెంటనడవడం కొనసాగించండి. మీ కనుచూపు మేరలో సంఖ్యలు (అనంతమైన సంఖ్యలు) ఉన్నాయి!



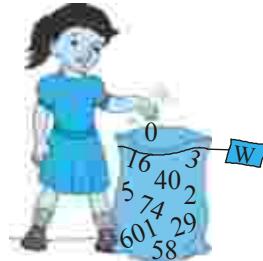
పటం 1.2

ఇప్పుడు మీరు సంఖ్యారేఖ వెంబడి నడవడం మరియు కొన్ని సంఖ్యలను సేకరించడం ప్రారంభించారని అనుకుందాం. వాటిని సేకరించటానికి ఒక సంచిని సిద్ధం చేసుకోండి!

You might begin with picking up only natural numbers like 1, 2, 3, and so on. You know that this list goes on for ever. (Why is this true?) So, now your bag contains infinitely many natural numbers! Recall that we denote this collection by the symbol  $\mathbb{N}$ .



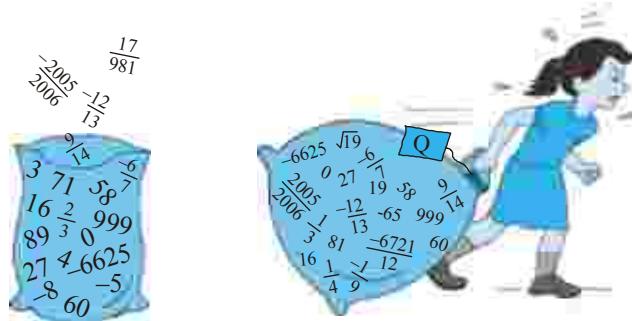
Now turn and walk all the way back, pick up zero and put it into the bag. You now have the collection of *whole numbers* which is denoted by the symbol **W**.



Now, stretching in front of you are many, many negative integers. Put all the negative integers into your bag. What is your new collection? Recall that it is the collection of all *integers*, and it is denoted by the symbol **Z**.



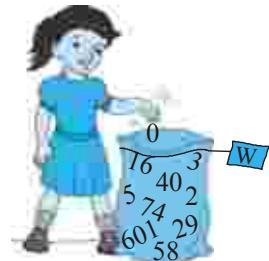
Are there some numbers still left on the line? Of course! There are numbers like  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , or even  $\frac{-2005}{2006}$ . If you put all such numbers also into the bag, it will now be the collection of *rational numbers*.



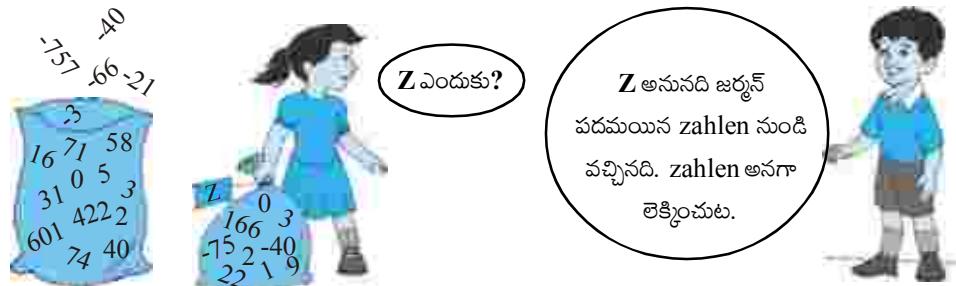
మీరు 1,2,3 వంటి సహజ సంఖ్యలను మాత్రమే ఎంచుకోవడంతో ప్రారంభించవచ్చు. ఈ జాబితా ఎప్పటికీ కొనసాగుతుందని మీరు గమనించగలరు. (ఇది ఎందుకు నిజం?) కాబట్టి, ఇప్పుడు మీ సంచిలో అనంతమైన సహజ సంఖ్యలు ఉన్నాయి. మనం ఈ సేకరణను **N** గుర్తుతో సూచిస్తాం అని గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.



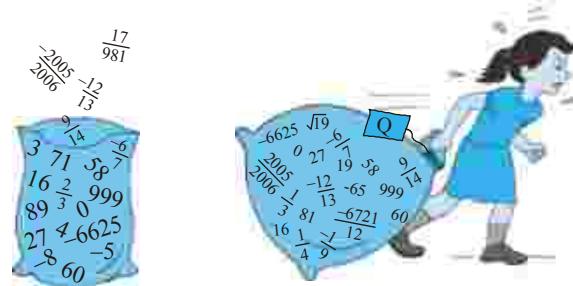
ఇప్పుడు వెనుకకు తిరిగి నడవండి మరియు '0' (సున్నా) ని ఎంచుకొని సంచిలో ఉంచండి. మీరు ఇప్పుడు **W** గుర్తుతో సూచించబడే పూర్ణాంకాల సేకరణను కలిగి ఉన్నారు.



ఇప్పుడు మీ ముందు చాలా చాలా బుఱి పూర్ణ సంఖ్యలు ఉండటం గమనిస్తారు. అన్ని బుఱి పూర్ణ సంఖ్యలను మీ సంచిలో ఉంచండి. మీ ఈ కొత్త సేకరణను ఏమంటారో మీకు తెలుసు కదా? మీరు గుర్తుకు తెచ్చుకొన్నట్లయితే ఇవి అన్ని బుఱి పూర్ణ సంఖ్యల సేకరణ అని మరియు వీటిని **Z** గుర్తుతో సూచిస్తామని మీకు అవగతమవుతుంది.



సంఖ్యారేఖ పై ఇంకా కొన్ని సంఖ్యలు మిగిలి ఉన్నాయా? అయితే ఎటువంటి సంఖ్యలు మిగిలి ఉన్నాయి?  $\frac{1}{2}, \frac{3}{4}$ , లేక  $\frac{-2005}{2006}$  కూడా. మీరు ఈ సంఖ్యలను కూడా సంచిలో ఉంచినట్లయితే, ఈ కొత్త సంఖ్యల సేకరణను ఆకరణీయ సంఖ్యలు అంటారు.



The collection of rational numbers is denoted by **Q**. ‘Rational’ comes from the word ‘ratio’, and Q comes from the word ‘quotient’.

You may recall the definition of rational numbers:

A number ‘ $r$ ’ is called a *rational number*, if it can be written in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ . (Why do we insist that  $q \neq 0$ ?)

Notice that all the numbers now in the bag can be written in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ . For example,  $-25$  can be written as  $\frac{-25}{1}$ ; here  $p = -25$  and  $q = 1$ . Therefore, the rational numbers also include the natural numbers, whole numbers and integers.

You also know that the rational numbers do not have a unique representation in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ . For example,  $\frac{1}{2} = \frac{2}{4} = \frac{10}{20} = \frac{25}{50} = \frac{47}{94}$ , and so on. These are *equivalent rational numbers (or fractions)*. However, when we say that  $\frac{p}{q}$  is a rational number, or when we represent  $\frac{p}{q}$  on the number line, we assume that  $q \neq 0$  and that  $p$  and  $q$  have no common factors other than 1 (that is,  $p$  and  $q$  are *co-prime*). So, on the number line, among the infinitely many fractions equivalent to  $\frac{1}{2}$ , we will choose  $\frac{1}{2}$  to represent all of them.

Now, let us solve some examples about the different types of numbers, which you have studied in earlier classes.

**Example 1 :** Are the following statements true or false? Give reasons for your answers.

- (i) Every whole number is a natural number.
- (ii) Every integer is a rational number.
- (iii) Every rational number is an integer.

**Solution :** (i) False, because zero is a whole number but not a natural number.

- (ii) True, because every integer  $m$  can be expressed in the form  $\frac{m}{1}$ , and so it is a rational number.
- (iii) False, because  $\frac{3}{5}$  is not an integer.

మీటిని **Q** అనే గుర్తుతో సూచిస్తారు. ‘అకరణీయ’ అనే పదం ‘నిష్పత్తి’ అనే పదం నుండి వచ్చింది. మరియు **Q** అనేది ‘భాగఫలం’ అనే పదం నుండి వచ్చింది.

మీరు అకరణీయ సంఖ్యల నిర్వచనాన్ని గుర్తుకు తెచ్చుకోవచ్చు.

‘r’ అనేది ఒక అకరణీయ సంఖ్య అనవలెనన్న ‘r’ ను  $\frac{p}{q}$ , రూపంలో రాయగలవలెను. ఇక్కడ  $p$  మరియు  $q$  లు పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$ . ( $q \neq 0$  ఎందువలన?)

ఇప్పుడు గమనించినట్లయితే, సంచిలో ఉన్న అన్ని సంఖ్యలను  $\frac{p}{q}$ , రూపంలో రాయగలం. ఇక్కడ  $p$  మరియు  $q$  లు పూర్ణసంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$ . ఉదాహరణకు  $-25$  ను  $\frac{-25}{1}$ ;గా రాయవచ్చును. ఇక్కడ  $p = -25$  మరియు  $q = 1$  కాబట్టి సహజ సంఖ్యలు, పూర్ణాంకాలు మరియు పూర్ణ సంఖ్యలు అన్ని కూడా అకరణీయ సంఖ్యలలో చేర్చవచ్చును. అకరణీయ సంఖ్యలను  $\frac{p}{q}$  రూపంలో  $p, q$  పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$  అయ్యేవిధంగా ఒకటి కంటే ఎక్కువ విధాలుగా మనం రాయగలమని మీకు తెలుసు. ఉదాహరణకు,  $\frac{1}{2} = \frac{2}{4} = \frac{10}{20} = \frac{25}{50} = \frac{47}{94}$ , మొదలగునవి. ఇవి సర్వ సమాన అకరణీయ సంఖ్యలు (సర్వ సమాన భిన్నాలు).  $\frac{p}{q}$  ను అకరణీయ సంఖ్య అని చెప్పేటప్పుడు లేదా  $\frac{p}{q}$  ను సంఖ్యారేఖ పై గుర్తించినపుడు మనం  $q \neq 0$  అని  $p, q$  లకు 1 తప్ప మరి ఏ ఇతర ఉమ్మడి కారణాంకాలు లేవని అనుకొనవలెను (అనగా  $p$  మరియు  $q$  లు పరస్పర ప్రథాన సంఖ్యలు) కాబట్టి సంఖ్యారేఖ పై  $\frac{1}{2}$  కు సమానమైన అనంతమైన భిన్నాలను గుర్తించుటకు మనము  $\frac{1}{2}$  ను ఎంచుకొంటాం.

ఇప్పుడు మనం క్రింది తరగతులలో నేర్చుకున్న వివిధ రకాల సంఖ్యలకు సంబంధించిన కొన్ని సమస్యలను క్రింది ఉదాహరణల ద్వారా సాధించాం.

**ఉదాహరణ 1 :** క్రింది ప్రవచనాలు సత్యమా లేక అనత్యమా? మీ సమాధానాలకు కారణాలను తెలియచేయండి.

- (i) ప్రతి పూర్ణాంకం ఒక సహజ సంఖ్య అవుతుంది.
- (ii) ప్రతి పూర్ణ సంఖ్య ఒక అకరణీయ సంఖ్య అవుతుంది.
- (iii) ప్రతి అకరణీయ సంఖ్య ఒక పూర్ణ సంఖ్య అవుతుంది.

**సాధన :** (i) అనత్యం, ఎందువలన అనగా సున్నా అనేది పూర్ణాంకం కాని సహజ సంఖ్య కాదు.

- (ii) సత్యం, ఎందువలన అనగా  $m$  అను ప్రతి పూర్ణ సంఖ్యను  $\frac{m}{1}$  గా రాయవచ్చు. కాబట్టి ఇది అకరణీయ సంఖ్య.
- (iii) అనత్యం, ఎందువలన అనగా  $\frac{3}{5}$  అనేది పూర్ణ సంఖ్య కాదు.

**Example 2 :** Find five rational numbers between 1 and 2.

We can approach this problem in at least two ways.

**Solution 1 :** Recall that to find a rational number between  $r$  and  $s$ , you can add  $r$  and  $s$  and divide the sum by 2, that is  $\frac{r+s}{2}$  lies between  $r$  and  $s$ . So,  $\frac{3}{2}$  is a number between 1 and 2. You can proceed in this manner to find four more rational numbers between 1 and 2. These four numbers are  $\frac{5}{4}, \frac{11}{8}, \frac{13}{8}$  and  $\frac{7}{4}$ .

**Solution 2 :** The other option is to find all the five rational numbers in one step. Since we want five numbers, we write 1 and 2 as rational numbers with denominator  $5 + 1$ , i.e.,  $1 = \frac{6}{6}$  and  $2 = \frac{12}{6}$ . Then you can check that  $\frac{7}{6}, \frac{8}{6}, \frac{9}{6}, \frac{10}{6}$  and  $\frac{11}{6}$  are all rational numbers between 1 and 2. So, the five numbers are  $\frac{7}{6}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}$  and  $\frac{11}{6}$ .

**Remark :** Notice that in Example 2, you were asked to find five rational numbers between 1 and 2. But, you must have realised that in fact there are infinitely many rational numbers between 1 and 2. In general, **there are infinitely many rational numbers between any two given rational numbers.**

Let us take a look at the number line again. Have you picked up all the numbers? Not, yet. The fact is that there are infinitely many more numbers left on the number line! There are gaps in between the places of the numbers you picked up, and not just one or two but infinitely many. The amazing thing is that there are infinitely many numbers lying between any two of these gaps too!

So we are left with the following questions:

1. What are the numbers, that are left on the number line, called?
2. How do we recognise them? That is, how do we distinguish them from the rationals (rational numbers)?

These questions will be answered in the next section.



**ఉదాహరణ 2 :** 1 మరియు 2 ల మధ్య 5 అకరణీయ సంఖ్యలను కనుగొనండి.

మనం ఈ సమస్యను కనీసం రెండు విధాలుగా సాధించవచ్చు.

**సాధన 1:**  $r$  మరియు  $s$  ల మధ్య ఉండు అకరణీయ సంఖ్యను కనుగొనుటకు మనం  $r$  మరియు  $s$  ల మొత్తాన్ని 2 తో భాగించవలెను, అనగా  $\frac{r+s}{2}$  అనునది  $r$  మరియు  $s$  ల మధ్య ఉంటుంది. కాబట్టి  $\frac{3}{2}$  అనే సంఖ్య 1 మరియు 2 ల మధ్య ఉంటుంది. మీరు ఈ పద్ధతిను సరించి 1 మరియు 2 ల మధ్య మరో నాలుగు అకరణీయ సంఖ్యలను కనుకోవచ్చు. అవి  $\frac{5}{4}, \frac{11}{8}, \frac{13}{8}$  మరియు  $\frac{7}{4}$ .

**సాధన 2 :** ఒకే దశలో మొత్తం ఐదు అకరణీయ సంఖ్యలను కనుగొనటం మరొక పద్ధతి. ఈ పద్ధతిలో మనం 1 మరియు 2 లను అకరణీయ సంఖ్యల రూపంలో  $5+1=6$  హోరం గా గల సంఖ్యలుగా రాశ్శాం. అనగా  $1 = \frac{6}{6}$  మరియు  $2 = \frac{12}{6}$

ఇప్పుడు మీరు గమనించినట్లయితే  $\frac{7}{6}, \frac{8}{6}, \frac{9}{6}, \frac{10}{6}$  మరియు  $\frac{11}{6}$  అనేవి 1 మరియు 2 ల మధ్య గల అన్ని అకరణీయ సంఖ్యలు. కాబట్టి  $\frac{7}{6}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}$ . మరియు  $\frac{11}{6}$  లు 1 మరియు 2 ల మధ్య గల ఐదు అకరణీయ సంఖ్యలు.

**గమనిక:** ఉదాహరణ 2 లో, మీరు 1 మరియు 2 మధ్య ఐదు అకరణీయ సంఖ్యలను కనుకోవుని అటిగారని గమనించండి. కానీ, వాస్తవానికి 1 మరియు 2 మధ్య అనంతమైన అకరణీయ సంఖ్యలున్నాయని మీరు గ్రహించి ఉండాలి. సాధారణంగా ఏషైనా రెండు సంఖ్యల మధ్య అనంతమైన అకరణీయ సంఖ్యలు ఉంటాయి.

సంఖ్యారేఖను మరొసారి పరిశీలించాం. మీరు అన్ని సంఖ్యలను తీసుకున్నారా? లేదు, ఇంకా వాస్తవం ఏమిటంటే, సంఖ్యారేఖపై ఇంకా చాలా సంఖ్యలు మిగిలి ఉన్నాయి! మీరు ఎంచుకున్న సంఖ్యల స్థానాల మధ్య ఖాళీలు ఉన్నాయి మరియు ఒకటి లేదా రెండు మాత్రమే కాదు, అనంతంగా చాలా ఉన్నాయి. అశ్వర్యకరమైన విషయం ఏమిటంటే, ఈ రెండు ఖాళీల మధ్య కూడా అనంతమైన అనేక సంఖ్యలు ఉన్నాయి.

మన వద్ద ఇంకా కొన్ని క్రింద ఇవ్వబడిన ప్రశ్నలు మిగిలి ఉన్నాయి:

1. సంఖ్యారేఖ పై మిగిలి ఉన్న సంఖ్యలను ఏమని పిలుస్తారు?
2. మనం వాటిని ఎలా గుర్తిస్తాం? అంటే, మనం వాటిని అకరణీయాల నుండి (అకరణీయ సంఖ్యలు) ఎలా వేరు చేయాలి?



ఈ ప్రశ్నలకు తదుపరి విభాగంలో సమాధానాలు ఇవ్వబడతాయి.

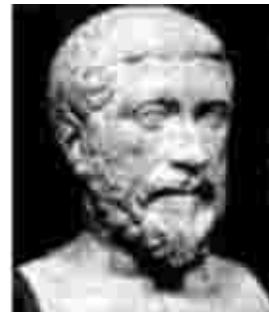
### EXERCISE 1.1

1. Is zero a rational number? Can you write it in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ ?
2. Find six rational numbers between 3 and 4.
3. Find five rational numbers between  $\frac{3}{5}$  and  $\frac{4}{5}$ .
4. State whether the following statements are true or false. Give reasons for your answers.
  - (i) Every natural number is a whole number.
  - (ii) Every integer is a whole number.
  - (iii) Every rational number is a whole number.

### 1.2 Irrational Numbers

We saw, in the previous section, that there may be numbers on the number line that are not rationals. In this section, we are going to investigate these numbers. So far, all the numbers you have come across, are of the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ . So, you may ask: are there numbers which are not of this form? There are indeed such numbers.

The Pythagoreans in Greece, followers of the famous mathematician and philosopher Pythagoras, were the first to discover the numbers which were not rationals, around 400 BC. These numbers are called *irrational numbers (irrationals)*, because they cannot be written in the form of a ratio of integers. There are many myths surrounding the discovery of irrational numbers by the Pythagorean, Hippacus of Croton. In all the myths, Hippacus has an unfortunate end, either for discovering that  $\sqrt{2}$  is irrational or for disclosing the secret about  $\sqrt{2}$  to people outside the secret Pythagorean sect!



**Pythagoras**  
(569 BCE – 479 BCE)  
**Fig. 1.3**

Let us formally define these numbers.

A number ‘s’ is called *irrational*, if it cannot be written in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ .

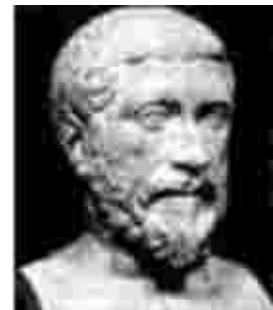
### అభ్యాసం 1.1

1. సున్నా అనునది ఒక అకరణీయ సంఖ్య అవుతుందా?  $p$  మరియు  $q$  లు పూర్ణసంఖ్యలు,  $q \neq 0$  అయినప్పుడు  $\frac{p}{q}$  రూపంలో రాయగలరా?
2. 3 మరియు 4 ల మధ్య ఆరు అకరణీయ సంఖ్యలను కనుగొనండి.
3.  $\frac{3}{5}$  మరియు  $\frac{4}{5}$  ల మధ్య ఐదు అకరణీయ సంఖ్యలను కనుగొనండి..
4. త్రింది ప్రవచనాలు సత్యమా లేక అసత్యమా? మీ సమాధానాలకు కారణాలను తెలియజేయండి.
  - (i) ప్రతి సహజ సంఖ్య పూర్ణాంకం
  - (ii) ప్రతి పూర్ణ సంఖ్య ఒక పూర్ణాంకం.
  - (iii) ప్రతి అకరణీయ సంఖ్య ఒక పూర్ణాంకం.

### 1.2 కరణీయ సంఖ్యలు :

ముందు విభాగంలో సంఖ్య రేఖపై అకరణీయ సంఖ్యలు కాని సంఖ్యలు ఉండవచ్చని మనం చూశాం. ఈ విభాగంలో మనం ఈ సంఖ్యల గురించి పరిశోధించబోతున్నాం. ఇప్పటివరకు అన్ని మీరు చూసిన సంఖ్యలు  $\frac{p}{q}$  రూపంలో ఉన్నాయి. ఇక్కడ  $p$  మరియు  $q$  లు పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$ . కాబట్టి మీరు అడగవచ్చ, ఈ రూపంలో లేని సంఖ్యలున్నాయా? వాస్తవానికి అలాంటి సంఖ్యలు ఉన్నాయి.

గ్రీన్లోని పైథాగరియన్లు ప్రసిద్ధ గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు మరియు తత్త్వవేత్త. పైథాగరన్ యొక్క అనుచరులు. 400 బి.సి.లో, అకరణీయం కాని సంఖ్యలను మొదటిసారి కనుగొన్నారు. ఈ సంఖ్యలను కరణీయ సంఖ్యలు (కరణీయాలు) అని పిలుస్తారు. ఎందుకంటే అవి పూర్ణసంఖ్యల నిష్పత్తి రూపంలో రాయబడవు. పైథాగరియన్, క్రోటన్కు చెందిన హిప్పకన్ చేత కరణీయ సంఖ్యల అవిష్కరణ చుట్టూ అనేక కల్పిత గాఢలు ఉన్నాయి. ఎందుకంటే  $\sqrt{2}$  కరణీయ సంఖ్య అని కనుగొనడం వల్లగాని, లేదా  $\sqrt{2}$  గురించి రహస్యాన్ని పైథాగరియన్ శాఖ వెలుపలి వ్యక్తులకు వెల్లడించడం వల్లగాని, అన్ని కల్పిత గాఢలలో, హిప్పకన్ ముగింపు ఒక దురదృష్టకర గాఢ.



పైథాగరన్  
(క్రీ.శ 569 – క్రీ.శ 479)

పటం. 1.3

ఈ సంఖ్యలను అధికారికంగా నిర్వచిధాం.

‘స’ అను సంఖ్యను  $\frac{p}{q}$  రూపంలో ప్రాయితేనిచో దానిని కరణీయ సంఖ్య అని పిలుస్తాం. ఇక్కడ  $p$  మరియు  $q$  లు పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$ .

You already know that there are infinitely many rationals. It turns out that there are infinitely many irrational numbers too. Some examples are:

$$\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{15}, \pi, 0.10110111011110\dots$$

**Remark :** Recall that when we use the symbol  $\sqrt{\phantom{x}}$ , we assume that it is the positive square root of the number. So  $\sqrt{4} = 2$ , though both 2 and  $-2$  are square roots of 4.

Some of the irrational numbers listed above are familiar to you. For example, you have already come across many of the square roots listed above and the number  $\pi$ .

The Pythagoreans proved that  $\sqrt{2}$  is irrational. Later in approximately 425 BC, Theodorus of Cyrene showed that  $\sqrt{3}, \sqrt{5}, \sqrt{6}, \sqrt{7}, \sqrt{10}, \sqrt{11}, \sqrt{12}, \sqrt{13}, \sqrt{14}, \sqrt{15}$  and  $\sqrt{17}$  are also irrationals. Proofs of irrationality of  $\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{5}$ , etc., shall be discussed in Class X. As to  $\pi$ , it was known to various cultures for thousands of years, it was proved to be irrational by Lambert and Legendre only in the late 1700s. In the next section, we will discuss why  $0.10110111011110\dots$  and  $\pi$  are irrational.

Let us return to the questions raised at the end of the previous section. Remember the bag of rational numbers. If we now put all irrational numbers into the bag, will there be any number left on the number line? The answer is no! It turns out that the collection of all rational numbers and irrational numbers together make up what we call the collection of *real numbers*, which is denoted by **R**. Therefore, a real number is either rational or irrational. So, we can say that **every real number is represented by a unique point on the number line. Also, every point on the number line represents a unique real number**. This is why we call the number line, the *real number line*.



In the 1870s two German mathematicians, Cantor and Dedekind, showed that : Corresponding to every real number, there is a point on the real number line, and corresponding to every point on the number line, there exists a unique real number.

R. Dedekind (1831-1916)  
Fig. 1.4



G. Cantor (1845-1918)  
Fig. 1.5

ಅನಂತಮೈನ ಅಕರಣೀಯ ಸಂಭ್ಯಲು ಉನ್ನಾರು ನಿ ಮೀಕು ಇವುಗಳೇ ತೆಲುಸು. ಅದೇವಿಧಮುಗಾ ಅನಂತಮೈನ ಕರಣೀಯ ಸಂಭ್ಯಲು ಕೂಡಾ ಉನ್ನಾರು ನಿ ತೆಲುಸ್ತುಂದಿ. ಕೊನ್ನಿಂದ ಉದಾಹರಣೆ:

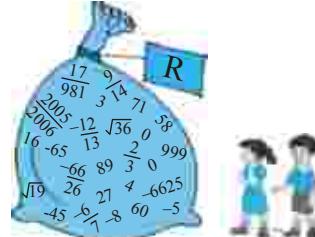
$\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{15}, \pi, 0.10110111011110\dots$

**సూచన:** మనం గుర్తు చేసుకొన్నట్లయితే  $\sqrt{ }$ , గుర్తును ఉపయోగించిన సందర్భంలో అది సంఖ్య యొక్క ధన వర్గ మూలం అని భావిస్తాం.  $\sqrt{4} = 2$  గా రాసినప్పటికీ 2 మరియు -2 లు  $\sqrt{4}$  యొక్క వర్గమూలాలు.

పైన ఇవ్వబడిన కొన్ని కరణీయ సంఖ్యలు మీకు తెలుసు. ఉదాహరణకు పైన వేర్కొనిన చాలా వర్గమూలాలు మరియు ఆను సంఖ్య గురించి మీకు తెలుసు.

$\sqrt{2}$  ఒక కరణీయ సంఖ్య అని పైధాగారన్లు నిరూపించారు. తరువాత సుమారు ట్రీ.పూ. 425 లలో సైరిన్స్కు చెందిన ధియోడ్సోరస్  $\sqrt{3}, \sqrt{5}, \sqrt{6}, \sqrt{7}, \sqrt{10}, \sqrt{11}, \sqrt{12}, \sqrt{13}, \sqrt{14}, \sqrt{15}$  మరియు  $\sqrt{17}$  అనునవి కూడా కరణీయ సంఖ్యలుగా చూపించారు.  $\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{5}$  మొదలగు వాటి నిరూపణలు 10వ తరగతిలో చర్చించబడ్డాయి. పి విషయానికాన్స్, ఇది అనేక సంస్కృతుల వారికి వేలాది సంవత్సరాలుగా తెలుసు, ఇది 1700ల చివరలో లాంబెర్త్ మరియు లెజండ్రే చేత ‘కరణీయ సంఖ్య’ అని నిరూపించబడింది. తదుపరి విభాగంలో,  $0.10110111011110\dots$  మరియు  $\pi$  కరణీయ సంఖ్యలు ఎందుకో చర్చిస్తాం.

ముందు విభాగం చివరలో లేవనెత్తిన ప్రశ్నలకు తిరిగి వెళ్లం. అకరణీయ సంఖ్యల సంచిన గుర్తుకుతెచ్చుకోండి. మనం ఇప్పుడు అన్ని అకరణీయ సంఖ్యలను సంచిలో ఉంచినట్లయితే, సంఖ్యారేఖపై ఏదైనా సంఖ్య మిగిలి ఉంటుందా? జవాబుగా, ‘లేదు’ అని సమాధానం చెబుతాం. అన్ని అకరణీయ సంఖ్యల, మరియు కరణీయ సంఖ్యల నేకరణను కలిపి మనం వాస్తవ సంఖ్యల నేకరణ అని పిలుస్తాం. దీనిని **R** అనే అక్షరం తో సూచిస్తాం. కాబట్టి, వాస్తవ సంఖ్య ఒక కరణీయ లేదా అకరణీయ సంఖ్య అవుతుంది. కాబట్టి ప్రతి వాస్తవ సంఖ్యను సంఖ్యా రేఖపై ఒక ప్రత్యేక బిందువు తో గుర్తించవచ్చని మనం చెప్పగలం. అలాగే, సంఖ్యా రేఖపై ఉన్న ప్రతి బిందువు ప్రత్యేక వాస్తవ సంఖ్యను సూచిస్తుంది. అందుకే మనం సంఖ్యారేఖను వాస్తవ సంఖ్యా రేఖ అని పిలుస్తాం.



ಅರ್. ಡೆಡ್ಕಿಂಡ್ (1831-1916)

పుట్టం 1.4

1870 లలో ఇద్దరు జర్మన్ గణిత శాస్త్రవేత్తలు కాంటర్ మరియు డెడికెండ్ ఇలా చెప్పారు: “ ప్రతి వాస్తవ సంఖ్యకు అనుగుణంగా, వాస్తవ సంఖ్య రేఖపై ఒక బిందువు ఉంటుంది మరియు సంఖ్యారేఖలోని ప్రతి బిందువుకు అనుగుణంగా, ఒక ప్రతీక వాస్తవ సంఖ్య ఉంటుంది”



జి. కాంటర్ (1845-1918)

పట్టణ 15

Let us see how we can locate some of the irrational numbers on the number line.

**Example 3 :** Locate  $\sqrt{2}$  on the number line.

**Solution :** It is easy to see how the Greeks might have discovered  $\sqrt{2}$ . Consider a square OABC, with each side 1 unit in length (see Fig. 1.6). Then you can see by the Pythagoras theorem that  $OB = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$ . How do we represent  $\sqrt{2}$  on the number line? This is easy. Transfer Fig. 1.6 onto the number line making sure that the vertex O coincides with zero (see Fig. 1.7).

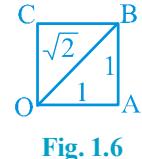


Fig. 1.6

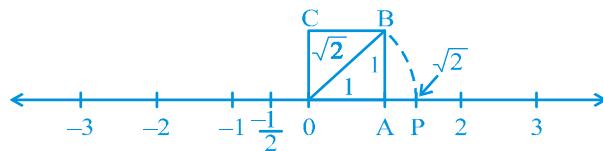


Fig. 1.7

We have just seen that  $OB = \sqrt{2}$ . Using a compass with centre O and radius OB, draw an arc intersecting the number line at the point P. Then P corresponds to  $\sqrt{2}$  on the number line.

**Example 4 :** Locate  $\sqrt{3}$  on the number line.

**Solution :** Let us return to Fig. 1.7.

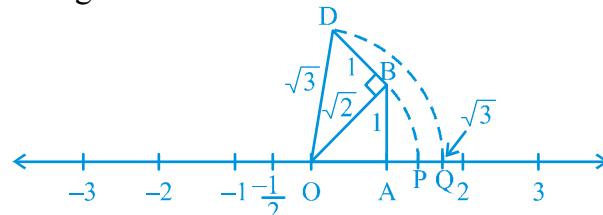


Fig. 1.8

Construct BD of unit length perpendicular to OB (as in Fig. 1.8). Then using the Pythagoras theorem, we see that  $OD = \sqrt{(\sqrt{2})^2 + 1^2} = \sqrt{3}$ . Using a compass, with centre O and radius OD, draw an arc which intersects the number line at the point Q. Then Q corresponds to  $\sqrt{3}$ .

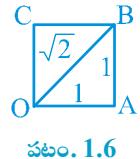
సంఖ్యారేఖ పై కొన్ని కరణీయ సంఖ్యలను ఎలా గుర్తించవచ్చునో ఇప్పుడు చూద్దాం.

**ఉదాహరణ 3 :**  $\sqrt{2}$  ను సంఖ్యారేఖ పై సూచించండి.

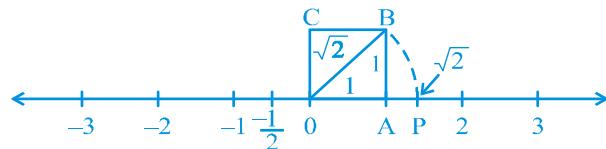
**సాధన :** గ్రెకులు  $\sqrt{2}$  ను ఎలా కనుగొన్నారో చూడటం సులభం.

ఈ యూనిట్ భుజంగా గల వత్తరస్తం OABCని (పటం 1.6 చూడండి) తీసుకోండి. ప్రైఫాగరస్ సిద్ధాంతాన్ని అనుసరించి  $OB = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$  కానీ  $\sqrt{2}$  ను సంఖ్యారేఖ పై ఎలా చూపగలం? ఇది చాలా సులభం.

పటం 1.6 లోని శీర్షం 'O' సంఖ్యారేఖ పై O తో ఏకీభవించినట్లు ఉంచండి (పటం 1.7 చూడండి).



పటం 1.6

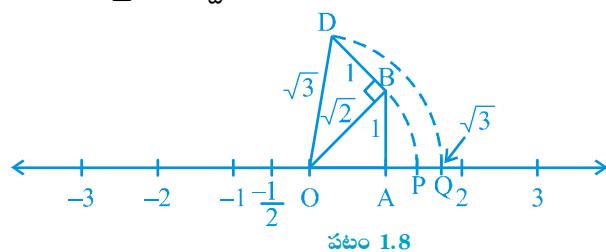


పటం 1.7

$OB = \sqrt{2}$  అని మనకు తెలుసు. ఒక వృత్తలేఖనిని ఉపయోగించి O కేంద్రంగా OB, వ్యాసార్థంలో సంఖ్యను P బిందువు వద్ద ఖండించినట్లు ఒక చాపాన్ని గీయండి. ఇప్పుడు P బిందువు సంఖ్యారేఖ పై  $\sqrt{2}$  ను సూచిస్తుంది.

**ఉదాహరణ 4 :**  $\sqrt{3}$  ను సంఖ్యారేఖ పై సూచించండి.

**సాధన :** పటం 1.7 ను ఒకసారి గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.



పటం 1.8

పటము 1.8లో 1 యూనిట్ పొడవు గల **BD**ని **OB**కి లంబంగా ఉండేవిధంగా గీయండి. ఇప్పుడు ప్రైఫాగరస్ సిద్ధాంతం ప్రకారం  $OD = \sqrt{(\sqrt{2})^2 + 1^2} = \sqrt{3}$  ఒక వృత్తలేఖని ఉపయోగించి O కేంద్రంగా **OD** వ్యాసార్థంలో సంఖ్యారేఖను Q బిందువు వద్ద ఖండించినట్లు ఒక చాపాన్ని గీయండి. ఇప్పుడు Q బిందువు సంఖ్యారేఖ పై  $\sqrt{3}$  ను సూచిస్తుంది.

In the same way, you can locate  $\sqrt{n}$  for any positive integer  $n$ , after  $\sqrt{n-1}$  has been located.

### EXERCISE 1.2

- State whether the following statements are true or false. Justify your answers.
  - Every irrational number is a real number.
  - Every point on the number line is of the form  $\sqrt{m}$ , where  $m$  is a natural number.
  - Every real number is an irrational number.
- Are the square roots of all positive integers irrational? If not, give an example of the square root of a number that is a rational number.
- Show how  $\sqrt{5}$  can be represented on the number line.
- Classroom activity (Constructing the ‘square root spiral’)** : Take a large sheet of paper and construct the ‘square root spiral’ in the following fashion. Start with a point O and draw a line segment  $OP_1$  of unit length. Draw a line segment  $P_1P_2$  perpendicular to  $OP_1$  of unit length (see Fig. 1.9). Now draw a line segment  $P_2P_3$  perpendicular to  $OP_2$ . Then draw a line segment  $P_3P_4$  perpendicular to  $OP_3$ . Continuing in this manner, you can get the line segment  $P_{n-1}P_n$  by drawing a line segment of unit length perpendicular to  $OP_{n-1}$ . In this manner, you will have created the points  $P_2, P_3, \dots, P_n, \dots$ , and joined them to create a beautiful spiral depicting  $\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{4}, \dots$

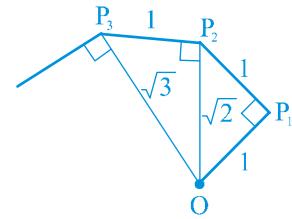


Fig. 1.9 : Constructing square root spiral

### 1.3 Real Numbers and their Decimal Expansions

In this section, we are going to study rational and irrational numbers from a different point of view. We will look at the decimal expansions of real numbers and see if we can use the expansions to distinguish between rationals and irrationals. We will also explain how to visualise the representation of real numbers on the number line using their decimal expansions. Since rationals are more familiar to us, let us start with them. Let us take three examples :  $\frac{10}{3}, \frac{7}{8}, \frac{1}{7}$ .

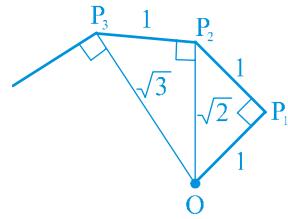
Pay special attention to the remainders and see if you can find any pattern.

ఇదేవిధముగా ఏదైనా ధనపూర్ణ సంఖ్య  $n$ కు,  $\sqrt{n-1}$  ను సంఖ్యారేఖ పై సూచించిన తర్వాత,  $\sqrt{n}$  ను సూచించవచ్చు).

### అభ్యాసం 1.2

- క్రింది ప్రవచనాలు సత్యమా? అనత్యమా? మీ సమాధానాన్ని సమర్థించండి.
  - ప్రతి కరణీయ సంఖ్య ఒక వాస్తవ సంఖ్య.
  - సంఖ్యారేఖ పై ప్రతి బిందువు  $\sqrt{m}$ , రూపంలో ఉంటుంది. ఇక్కడ  $m$  అనునది ఒక సహజ సంఖ్య.
  - ప్రతి వాస్తవ సంఖ్య ఒక కరణీయ సంఖ్య.
- ప్రతి పూర్ణ సంఖ్య యొక్క ధనాత్మక వర్గ మూలము కరణీయమా? కానట్లయితే ఒక పూర్ణ సంఖ్య యొక్క వర్గమూలము ఆకరణీయ సంఖ్య అయ్యే ఉదాహరణ ఇవ్వండి.
- $\sqrt{5}$  ను సంఖ్యారేఖ పై ఎలా గుర్తిస్తారో చూపండి.
- తరగతి కృత్యం: (“వర్గమూల సర్పిలం” ను నిర్మించుట):

ఒక పెద్ద సైజు కాగితాన్ని తీసుకొని క్రింద సూచించిన సోవానాలను అనుసరించి వర్గమూల సర్పిలంను నిర్మించండి. O బిందువు నుండి ప్రారంభించి 1 యూనిట్ పొడవు గల రేఖాఖండం  $OP_1$  ని గీయండి.  $OP_1$  కు లంబంగా 1 యూనిట్ పొడవులో రేఖాఖండం గీయండి.  $P_1, P_2$  (పటం 1.9 ని చూడండి) ఇప్పుడు  $OP_2$ కు లంబంగా రేఖాఖండం  $P_2P_3$ ను గీయండి. ఈవిధముగా కొనసాగించిన ఒక యూనిట్ కొలతతో  $OP_{n-1}$  కు లంబంగా గీచినపుడు మనకు  $P_{n-1}P_n$ రేఖా ఖండం వచ్చును.



పటం 1.9 : వర్గమూల సర్పిలం నిర్మించుట

ఈవిధంగా  $OP_3$ కి లంబంగా రేఖాఖండం  $P_3P_4$ ను గీయండి. ఈవిధముగా వాటిని కలిపినపుడు అందమయిన సర్పిలం  $\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{4}, \dots$  లను సూచిస్తుంది.

### 1.3 వాస్తవ సంఖ్యలు మరియు వాని యొక్క దశాంశ విస్తరణ

ఈ విభాగంలో, మనం భిన్నమైన కోణం నుండి ఆకరణీయ మరియు కరణీయ సంఖ్యలను అధ్యయనం చేయబోతున్నాం. మనం వాస్తవ సంఖ్యల దశాంశ విస్తరణను పరిశీలించడం మరియు ఆకరణీయ సంఖ్యలను, కరణీయ సంఖ్యలను వేరు చేయటానికి ఈ వాస్తవ సంఖ్యల దశాంశ విస్తరణ ఉపయోగించవచ్చునో లేదో చూద్దాం. వాస్తవ సంఖ్యల దశాంశ విస్తరణను ఉపయోగించి సంఖ్యారేఖ పై వాస్తవ సంఖ్యలను ఎలా గుర్తించాలో దృశ్య రూపంలో వివరిస్తాం. ఆకరణీయ సంఖ్యలు గురించి మనకు బాగా తెలుసు కాబట్టి వాటితో ప్రారంభించాం. మూడు ఉదాహరణలను తీసుకుందాం.  $\frac{10}{3}, \frac{7}{8}, \frac{1}{7}$ . ఏదైనా క్రమాన్ని గమనించారా!

**Example 5 :** Find the decimal expansions of  $\frac{10}{3}$ ,  $\frac{7}{8}$  and  $\frac{1}{7}$ .

**Solution :**

$$\begin{array}{r} 3.333\dots \\ \hline 3 \quad | \quad 10 \\ \quad 9 \\ \hline \quad 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.875 \\ \hline 8 \quad | \quad 7.0 \\ \quad 64 \\ \hline \quad 60 \\ \quad 56 \\ \hline \quad 40 \\ \quad 40 \\ \hline \quad 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.142857\dots \\ \hline 7 \quad | \quad 1.0 \\ \quad 7 \\ \hline \quad 30 \\ \quad 28 \\ \hline \quad 20 \\ \quad 14 \\ \hline \quad 60 \\ \quad 56 \\ \hline \quad 40 \\ \quad 35 \\ \hline \quad 50 \\ \quad 49 \\ \hline \quad 1 \end{array}$$

Remainders : 1, 1, 1, 1, 1...  
Divisor : 3

Remainders : 6, 4, 0  
Divisor : 8

Remainders : 3, 2, 6, 4, 5, 1,  
3, 2, 6, 4, 5, 1,...  
Divisor : 7

What have you noticed? You should have noticed at least three things:

- (i) The remainders either become 0 after a certain stage, or start repeating themselves.
- (ii) The number of entries in the repeating string of remainders is less than the divisor (in  $\frac{10}{3}$  one number repeats itself and the divisor is 3, in  $\frac{1}{7}$  there are six entries 326451 in the repeating string of remainders and 7 is the divisor).
- (iii) If the remainders repeat, then we get a repeating block of digits in the quotient (for  $\frac{10}{3}$ , 3 repeats in the quotient and for  $\frac{1}{7}$ , we get the repeating block 142857 in the quotient).

**ఉదాహరణ 5 :**  $\frac{10}{3}, \frac{7}{8}$  మరియు  $\frac{1}{7}$  ల దశాంశ విస్తరణను కనుగొనండి.

**సాధన :**

$\begin{array}{r} 3.333... \\ \hline 3 \quad 10 \\ \hline 9 \\ \hline 1 \end{array}$	$\begin{array}{r} 0.875 \\ \hline 8 \quad 7.0 \\ \hline 64 \\ \hline 60 \\ \hline 56 \\ \hline 40 \\ \hline 40 \\ \hline 0 \end{array}$	$\begin{array}{r} 0.142857... \\ \hline 7 \quad 1.0 \\ \hline 7 \\ \hline 30 \\ \hline 28 \\ \hline 20 \\ \hline 14 \\ \hline 60 \\ \hline 56 \\ \hline 40 \\ \hline 35 \\ \hline 50 \\ \hline 49 \\ \hline 1 \end{array}$
శేషములు : 1, 1, 1, 1, 1...	శేషములు : 6, 4, 0	శేషములు : 3, 2, 6, 4, 5, 1, 3, 2, 6, 4, 5, 1, ...
విభాజకం : 3	విభాజకం : 8	విభాజకం : 7

మీరు ఏం గమనించారు? మీరు కనీసం మూడు విషయాలను గమనించి ఉండాలి.

- (i) ఒక నిర్దిష్ట దశ తరువాత శేషం ‘0’ గా మారుతాయి లేదా అవి పునరావృతము అవుతాయి.
- (ii) శేషముల పునరావృత వరుసలో ఉన్న సంఖ్యలు విభాజకము కంటే తక్కువగా ఉంటాయి.  
(  $\frac{10}{3}$  లో ఒక సంఖ్య పునరావృతమవుతుంది మరియు విభాజకం 7 అయిన  $\frac{1}{7}$  లో శేషాల పునరావృత వరుసలో ఆరు అంకాలు ఉన్నాయి అవి 326451 ).
- (iii) శేషములు పునరావృతమమైనట్లయితే భాగాఫలంలో అంకాలు పునరావృతమవుతాయి. ( $\frac{10}{3}$  యొక్క భాగాఫలంలో 3 పునరావృతమవుతుంది.  $\frac{1}{7}$  యొక్క భాగాఫలంలో 1,4,2,8,5,7లు పునరావృతం అవుతున్నాయి)

Although we have noticed this pattern using only the examples above, it is true for all rationals of the form  $\frac{p}{q}$  ( $q \neq 0$ ). On division of  $p$  by  $q$ , two main things happen – either the remainder becomes zero or never becomes zero and we get a repeating string of remainders. Let us look at each case separately.

### **Case (i) : The remainder becomes zero**

In the example of  $\frac{7}{8}$ , we found that the remainder becomes zero after some steps and the decimal expansion of  $\frac{7}{8} = 0.875$ . Other examples are  $\frac{1}{2} = 0.5$ ,  $\frac{639}{250} = 2.556$ . In all these cases, the decimal expansion terminates or ends after a finite number of steps. We call the decimal expansion of such numbers *terminating*.

### **Case (ii) : The remainder never becomes zero**

In the examples of  $\frac{10}{3}$  and  $\frac{1}{7}$ , we notice that the remainders repeat after a certain stage forcing the decimal expansion to go on for ever. In other words, we have a repeating block of digits in the quotient. We say that this expansion is non-terminating recurring. For example,  $\frac{10}{3} = 3.\overline{3}$ ... and  $\frac{1}{7} = 0.142857142857\dots$

The usual way of showing that 3 repeats in the quotient of  $\frac{10}{3}$  is to write it as  $3\bar{3}$ . Similarly, since the block of digits 142857 repeats in the quotient of  $\frac{1}{7}$ , we write  $\frac{1}{7}$  as  $0.\overline{142857}$ , where the bar above the digits indicates the block of digits that repeats. Also  $3.57272\dots$  can be written as  $3.5\overline{72}$ . So, all these examples give us *non-terminating recurring (repeating)* decimal expansions.

Thus, we see that the decimal expansion of rational numbers have only two choices: either they are terminating or non-terminating recurring.

Now suppose, on the other hand, on your walk on the number line, you come across a number like  $3.142678$  whose decimal expansion is terminating or a number like  $1.272727\dots$  that is,  $1.\overline{27}$ , whose decimal expansion is non-terminating recurring, can you conclude that it is a rational number? The answer is yes!

పై ఉదాహరణలను మాత్రమే ఉపయోగించి ఈ నమూనాలను మనం గమనించినప్పటికీ, ఇది  $\frac{p}{q}$  ( $q \neq 0$ ) రూపంలో ఉన్న అకరణీయ సంఖ్యలు అన్నింటికి నిజమవుతుంది లేదా వర్తిస్తుంది.  $p$  ని  $q$ తో భాగించినప్పుడు రెండు ప్రధాన విషయాలు జరుగుతాయి. శేషం సున్నా అవుతుంది లేదా శేషం సున్నా కాదని పొందుతాం. పునరావృతం అయ్యే శేషాల వరుసను మనం పొందుతాం. ప్రతి విషయాన్ని వివరంగా చూద్దాం.

### సందర్భం (i) : శేషము సున్నా అవుతుంది

$\frac{7}{8}$  యొక్క ఉదాహరణలో కొన్ని సోపానాల తర్వాత శేషము సున్నా అవుతుంది మరియు  $\frac{7}{8}$  యొక్క దశాంశ విస్తరణ

$\frac{7}{8} = 0.875$ . మరికొన్ని ఉదాహరణలు  $\frac{1}{2} = 0.5$ ,  $\frac{639}{250} = 2.556$ . ఈ సందర్భాలన్నింటిలో దశాంత విస్తరణ పరిమిత సోపానాల తరువాత ముగుస్తుంది. లేక అంతం అవుతుంది. మనం ఇటువంటి దశాంశ విస్తరణను అంతమయ్యే దశాంశాలు అని పిలుస్తాం.

### సందర్భం(ii) : శేషము ఎప్పటికీ సున్నా కాదు

$\frac{10}{3}$  మరియు  $\frac{1}{7}$  యొక్క ఉదాహరణలలో ఒక నిర్దిష్టదశ తరువాత శేషాలు ఎప్పటికీ పునరావృతం అవుతూనే దశాంశ విస్తరణ

ఎప్పటికి కొనసాగుతూనే ఉంటుంది. మరొవిధంగా చెప్పాలంటే మనం భాగ ఫలంలో పునరావృతమయ్యే అంకెల సమూహం ఉంది. ఈ దశాంశ విస్తరణలను “అంతంకాని దశాంశాలు” అని మనము చెబుతాం.

ఉదాహరణకు  $\frac{10}{3} = 3.3333\dots$  మరియు  $\frac{1}{7} = 0.142857142857142857\dots$

సాధారణంగా  $\frac{10}{3}$  యొక్క భాగాఫలాన్ని 3 పునరావృతం అగుటను  $3.\bar{3}$  గా రాస్తాం. అదేవిధంగా  $\frac{1}{7}$  యొక్క భాగఫలంలో

142857 అనునవి పునరావృతమయ్యే అంకెల సమూహం. దీనిని సూచించుటను మనం  $\frac{1}{7}$  ను  $0.\overline{142857}$ గా రాస్తాం.

అంకెలపై గల గీత పునరావృతమయ్యే అంకెల సమూహాన్ని సూచిస్తుంది. అలాగే  $3.57272\dots$  ను  $3.5\overline{72}$  గా రాయవచ్చును. కాబట్టి ఈ ఉదాహరణలన్నీ కూడా మనకు అంతం కాని ఆవృతమయ్యే దశాంశ విస్తరణలు.

ఈవిధంగా అకరణీయ సంఖ్యల దశాంశ విస్తరణలో కేవలం రెండు సందర్భాలు మాత్రమే ఉంటాయి. అవి అంతం అయ్యే దశాంశాలు (లేక) అంతం కాని ఆవృతమయ్యే దశాంశాలు.

ఇప్పుడు మరొకైన్ సంఖ్యారేఖ పై మీరు  $3.142678$  వంటి సంఖ్యను చూసారనుకోండి. దీని దశాంశ విస్తరణ ముగుస్తుంది. లేదా  $1.272727\dots$  వంటి సంఖ్య అనగా  $1.\overline{27}$ , దీని దశాంశ విస్తరణ అంతం కాని ఆవృతమయ్యే దశాంశం అవుతుంది. ఇది అకరణీయ సంఖ్య అని మీరు నిర్ధారించగలరా? సమాధానం అవుతుంది.

We will not prove it but illustrate this fact with a few examples. The terminating cases are easy.

**Example 6 :** Show that 3.142678 is a rational number. In other words, express 3.142678 in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ .

**Solution :** We have  $3.142678 = \frac{3142678}{1000000}$ , and hence is a rational number.

Now, let us consider the case when the decimal expansion is non-terminating recurring.

**Example 7 :** Show that  $0.333\dots = 0\bar{3}$  can be expressed in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ .

**Solution :** Since we do not know what  $0\bar{3}$  is, let us call it ' $x$ ' and so

$$x = 0.333\dots$$

Now here is where the trick comes in. Look at

$$10x = 10 \times (0.333\dots) = 3.333\dots$$

Now,

$$3.333\dots = 3 + x, \text{ since } x = 0.333\dots$$

Therefore,

$$10x = 3 + x$$

Solving for  $x$ , we get

$$9x = 3, \text{ i.e., } x = \frac{1}{3}$$

**Example 8 :** Show that  $1.272727\dots = 1.\overline{27}$  can be expressed in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ .

**Solution :** Let  $x = 1.272727\dots$ . Since two digits are repeating, we multiply  $x$  by 100 to get

$$100x = 127.2727\dots$$

So,

$$100x = 126 + 1.272727\dots = 126 + x$$

Therefore,

$$100x - x = 126, \text{ i.e., } 99x = 126$$

i.e.,

$$x = \frac{126}{99} = \frac{14}{11}$$

దానిని మనం నిరూపించలేం. కానీ ఈ వాస్తవాన్ని కొన్ని ఉదాహరణల ద్వారా వివరిస్తాం. అంతమయ్యే దశాంశాల సందర్భం మనకు సులభం.

**ఉదాహరణ 6 :**  $3.142678$  ఒక అకరణీయ సంఖ్య అని చూపండి. మరొక మాటలలో  $3.142678$ ని  $\frac{p}{q}$  రూపంలో రాయండి. ఇక్కడ  $p, q$  లు పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$ .

**సాధన :** మనకు  $3.142678 = \frac{3142678}{1000000}$ , కాబట్టి ఇది ఒక అకరణీయ సంఖ్య.

ఇప్పుడు మనం అంతం కాని ఆవృతమయ్యే దశాంశ విస్తరణ యొక్క సందర్భాన్ని తీసుకొందాం.

**ఉదాహరణ 7 :**  $p, q$  లు పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$  అయితే  $0.3333\dots = 0.\bar{3}$  ను  $\frac{p}{q}$ , రూపంలో చూపండి.

**సాధన :** మనకు  $0.\bar{3}$  విలువ తెలియదు కాబట్టి దానిని ‘ $x$ ’ అనుకోండి. కాబట్టి

$$x = 0.\bar{3} = 0.3333\dots$$

$$10x = 10 \times (0.333\dots) = 3.333\dots$$

ఇప్పుడు,

$$3.3333\dots = 3 + x, \quad x = 0.3333\dots \text{ కాబట్టి}$$

అదేవిధంగా

$$10x = 3 + x$$

$$9x = 3, \text{ కనుక}, x = \frac{1}{3}$$

**ఉదాహరణ 8 :**  $p, q$  లు పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$  అయితే  $1.272727\dots = 1.\overline{27}$  ను  $\frac{p}{q}$  రూపంలో

రాయగలమని నిరూపించండి.

**సాధన :**  $x = 1.272727\dots$  అనుకోండి. ఇక్కడ రెండు అంకెలు పునరావృతం అవుతున్నాయి. కాబట్టి  $x$ ను పై 100తో గుణించగా, మనకు

$$100x = 127.2727\dots$$

కాబట్టి ,

$$100x = 126 + 1.272727\dots = 126 + x$$

$$100x - x = 126, \text{ i.e., } 99x = 126$$

$$x = \frac{126}{99} = \frac{14}{11}$$

You can check the reverse that  $\frac{14}{11} = 1.\overline{27}$ .

**Example 9 :** Show that  $0.2353535\dots = 0.\overline{235}$  can be expressed in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ .

**Solution :** Let  $x = 0.\overline{235}$ . Over here, note that 2 does not repeat, but the block 35 repeats. Since two digits are repeating, we multiply  $x$  by 100 to get

$$100x = 23.53535\dots$$

So,

$$100x = 23.3 + 0.23535\dots = 23.3 + x$$

Therefore,

$$99x = 23.3$$

i.e.,

$$99x = \frac{233}{10}, \text{ which gives } x = \frac{233}{990}$$

You can also check the reverse that  $\frac{233}{990} = 0.\overline{235}$ .

So, every number with a non-terminating recurring decimal expansion can be expressed in the form  $\frac{p}{q}$  ( $q \neq 0$ ), where  $p$  and  $q$  are integers. Let us summarise our results in the following form

*The decimal expansion of a rational number is either terminating or non-terminating recurring. Moreover, a number whose decimal expansion is terminating or non-terminating recurring is rational.*

So, now we know what the decimal expansion of a rational number can be. What about the decimal expansion of irrational numbers? Because of the property above, we can conclude that their decimal expansions are *non-terminating non-recurring*.

So, the property for irrational numbers, similar to the property stated above for rational numbers, is

*The decimal expansion of an irrational number is non-terminating non-recurring. Moreover,*

ఇదేవిధముగా మనం  $\frac{14}{11} = 1.\overline{27}$  అని సరి చూడవచ్చును.

**ఉచాహారణ 9 :**  $p, q$  లు పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$  అయితే  $0.2353535\dots = 0.2\overline{35}$  ను  $\frac{p}{q}$  రూపంలో చూపండి.

**సాధన :**  $x = 0.2\overline{35}$  అనుకోండి. ఇక్కడ 2 అనేది ఆపృతం కావటం లేదని గమనించండి. కానీ 35 అనేది ఆపృతమవుతున్నది.

రెండు అంకెలు ఆపృతమవుతున్నాయి. కాబట్టి మనం  $x$  ను 100చే గుణించిన

$$100x = 23.53535\dots$$

కాబట్టి

$$100x = 23.3 + 0.23535\dots = 23.3 + x$$

అందువలన,

$$99x = 23.3$$

$$99x = \frac{233}{10}, \quad x = \frac{233}{990}$$

మనం దీనిని వ్యతిరేక దశలో  $\frac{233}{990} = 0.2\overline{35}$  అని సరి చూడవచ్చు.

దీనిని బట్టి ప్రతి అంతం గాని ఆపృతమయ్యే దశాంశాలను  $\frac{p}{q}$  రూపంలో రాయగలం. ఇక్కడ  $p, q$  లు పూర్ణసంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$ , మనం ఫలితాలను క్రింది రూపంలో సంగ్రహంగా వివరించాం.

ప్రతి అకరణీయ సంఖ్య దశాంశ విస్తరణ ఒక అంతమయ్యే దశాంశం (లేక) అంతం కాని ఆపృతమయ్యే దశాంశం ఆపృతుంది.

అదేవిధంగా ఒక అంతమయ్యే దశాంశం (లేక) అంతం కాని ఆపృత దశాంశ విస్తరణ అకరణీయ సంఖ్య ఆపృతుంది.

కాబట్టి అకరణీయ సంఖ్య దశాంశ విస్తరణ గురించి మనకు తెలుసు. కరణీయ సంఖ్యల దశాంశ నియమం విస్తరణ గురించి మనం తెలుసుకోవాలి. పై ఆధారంగా మనం అంతం కాని మరియు ఆపృతం కాని దశాంశాలను కరణీయ సంఖ్యలు ఆపృతాయని నిర్ధారించవచ్చును.

కాబట్టి కరణీయ సంఖ్యల నియమం, పైన చెప్పిన అకరణీయ సంఖ్యల నియమానికి సమానం. ఒక కరణీయ సంఖ్య దశాంశ విస్తరణ రూపం అంతం కాని ఆపృత దశాంశ విస్తరణ. ఇదేవిధంగా అంతం కాని ఆపృతం కాని దశాంశ విస్తరణలు అన్ని కరణీయ సంఖ్యలు ఆపృతాయి.

a number whose decimal expansion is non-terminating non-recurring is irrational.

Recall  $s = 0.10110111011110\dots$  from the previous section. Notice that it is non-terminating and non-recurring. Therefore, from the property above, it is irrational. Moreover, notice that you can generate infinitely many irrationals similar to  $s$ .

What about the famous irrationals  $\sqrt{2}$  and  $\pi$ ? Here are their decimal expansions up to a certain stage.

$$\sqrt{2} = 1.4142135623730950488016887242096\dots$$

$$\pi = 3.14159265358979323846264338327950\dots$$

(Note that, we often take  $\frac{22}{7}$  as an approximate value for  $\pi$ , but  $\pi \neq \frac{22}{7}$ .)

Over the years, mathematicians have developed various techniques to produce more and more digits in the decimal expansions of irrational numbers. For example, you might have learnt to find digits in the decimal expansion of  $\sqrt{2}$  by the division method. Interestingly, in the Sulbasutras (rules of chord), a mathematical treatise of the Vedic period (800 BC - 500 BC), you find an approximation of  $\sqrt{2}$  as follows:

$$\sqrt{2} = 1 + \frac{1}{3} + \left( \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \right) - \left( \frac{1}{34} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \right) = 1.4142156$$

Notice that it is the same as the one given above for the first five decimal places. The history of the hunt for digits in the decimal expansion of  $\pi$  is very interesting.

The Greek genius Archimedes was the first to compute digits in the decimal expansion of  $\pi$ . He showed  $3.140845 < \pi < 3.142857$ . Aryabhatta (476 – 550 C.E.), the great Indian mathematician and astronomer, found the value of  $\pi$  correct to four decimal places (3.1416). Using high speed computers and advanced algorithms,  $\pi$  has been computed to over 1.24 trillion decimal places!



Archimedes (287 BCE – 212 BCE)

Fig. 1.10

Now, let us see how to obtain irrational numbers.

**Example 10 :** Find an irrational number between  $\frac{1}{7}$  and  $\frac{2}{7}$ .

**Solution :** We saw that  $\frac{1}{7} = 0.\overline{142857}$ . So, you can easily calculate  $\frac{2}{7} = 0.\overline{285714}$ .

To find an irrational number between  $\frac{1}{7}$  and  $\frac{2}{7}$ , we find a number which is

మునుపటి విభాగంలో  $r = 0.10110111011110\dots$  ను గుర్తు చేసుకోండి. ఇది అంతం కాని మరియు ఆవృత్తం కాని దశాంశ విస్తరణ కాబట్టి పైన చెప్పిన నియమం ప్రకారం ఇది ఒక కరణీయ సంఖ్య. అంతేకాకుండా, నకు సమానమైన అనంతమైన కరణీయ సంఖ్యలను మనం ప్రతిపాదించవచ్చును.

మరి ప్రసిద్ధమైన  $\sqrt{2}$  మరియు  $\pi$  ల సంగతి ఏమిటి? ఒక నిర్దిష్ట దశలో దాని విస్తరణ రూపాన్ని ఇక్కడ గమనించవచ్చు.

$$\sqrt{2} = 1.4142135623730950488016887242096\dots$$

$$\pi = 3.14159265358979323846264338327950\dots$$

(గమనిక: మనము  $\frac{22}{7}$  ను  $\pi$  కి సుమారు విలువగా తీసుకొండాం. కాని  $\pi \neq \frac{22}{7}$ )

అకరణీయ సంఖ్యల యొక్క దశాంశ విస్తరణలో మరింత ఎక్కువ అంకెలను విస్తరించడానికి గత కొన్ని సంవత్సరాలుగా వివిధ పద్ధతులను గణిత శాస్త్రజ్ఞులు అభివృద్ధి చేసారు. ఉదాహరణకు మనం భాగాపోర పద్ధతి ద్వారా  $\sqrt{2}$  యొక్క దశాంశ విస్తరణలో ఉన్న అంకెలను కనుగొనడం నేర్చుకున్నాం. ఆసక్తికరంగా శుభ్ర సూత్రాలు (జ్యా యొక్క నియమాలు) అనే వేదకాలంలోని గణిత గ్రంథంలో  $\sqrt{2}$  యొక్క సుమారు విలువను వేద గణితం) గణితంలో (క్రీ.పూ. 800 - క్రీ.పూ. 500) కాలంలో ఈ క్రింది విధంగా ఇచ్చారు.

$$\sqrt{2} = 1 + \frac{1}{3} + \left( \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \right) - \left( \frac{1}{34} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \right) = 1.4142156$$

ఇది మొదటి ఐదు దశాంశ స్థానాలకు పైన ఇచ్చిన విధంగానే ఉందని గమనించండి.  $\pi$  యొక్క దశాంశ విస్తరణలో అంకెల వేట యొక్క చరిత్ర చాలా ఆసక్తికరంగా ఉంది.

గ్రీకు మేధావి ఆర్థిమెడిస్ పా యొక్క దశాంశ విస్తరణలో అంకెలను గణించిన మొదటి వ్యక్తి. అతను  $3.140845 < \pi < 3.142857$  అని సూచించారు. ఆర్జ్యభట్ట (క్రీ.పూ. 476 – 550) గాపు భారతీయ గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు మరియు భగోళ శాస్త్రవేత్త ఇతను  $\pi$  యొక్క విలువను నాలుగు దశాంశ స్థానాలకు సవరించి (3.1416) అని కనుగొన్నారు. ప్రాస్తీందు కంప్యూటర్లు మరియు అధునాతన అల్గోరిధమ్లను ఉపయోగించి  $\pi$  యొక్క విలువ  $1.24$  బిలియన్ల దశాంశ స్థానాల వరకు లెక్కించారు!



ఆర్థిమెడిస్ (క్రీ.పూ. 287 – క్రీ.పూ. 212)

పటం 1.10

ఇప్పుడు కరణీయ సంఖ్యలను ఎలా పొందాలో చూద్దాం.

**ఉదాహరణ 10 :**  $\frac{1}{7}$  మరియు  $\frac{2}{7}$  ల మధ్య ఒక కరణీయ సంఖ్యను కనుగొనండి.

**సాధన :** మనం  $\frac{1}{7} = 0.\overline{142857}$  అని చూశాం. కాబట్టి మనం  $\frac{2}{7} = 0.\overline{285714}$

అని సులభంగా లెక్కించవచ్చు.  $\frac{1}{7}$  మరియు  $\frac{2}{7}$  ల మధ్యగల కరణీయ సంఖ్యను కనుగొనుటకు మనం వాటి మధ్య గల

non-terminating non-recurring lying between them. Of course, you can find infinitely many such numbers.

An example of such a number is 0.150150015000150000...

### EXERCISE 1.3

1. Write the following in decimal form and say what kind of decimal expansion each has :
 

(i) $\frac{36}{100}$	(ii) $\frac{1}{11}$	(iii) $4\frac{1}{8}$
(iv) $\frac{3}{13}$	(v) $\frac{2}{11}$	(vi) $\frac{329}{400}$
2. You know that  $\frac{1}{7} = 0.\overline{142857}$ . Can you predict what the decimal expansions of  $\frac{2}{7}$ ,  $\frac{3}{7}$ ,  $\frac{4}{7}$ ,  $\frac{5}{7}$ ,  $\frac{6}{7}$  are, without actually doing the long division? If so, how?  
**[Hint :** Study the remainders while finding the value of  $\frac{1}{7}$  carefully.]
3. Express the following in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ .
 

(i) $0.\bar{6}$	(ii) $0.4\bar{7}$	(iii) $0.\overline{001}$
-----------------	-------------------	--------------------------
4. Express  $0.99999\dots$  in the form  $\frac{p}{q}$ . Are you surprised by your answer? With your teacher and classmates discuss why the answer makes sense.
5. What can the maximum number of digits be in the repeating block of digits in the decimal expansion of  $\frac{1}{17}$ ? Perform the division to check your answer.
6. Look at several examples of rational numbers in the form  $\frac{p}{q}$  ( $q \neq 0$ ), where  $p$  and  $q$  are integers with no common factors other than 1 and having terminating decimal representations (expansions). Can you guess what property  $q$  must satisfy?
7. Write three numbers whose decimal expansions are non-terminating non-recurring.
8. Find three different irrational numbers between the rational numbers  $\frac{5}{7}$  and  $\frac{9}{11}$ .
9. Classify the following numbers as rational or irrational :
 

(i) $\sqrt{23}$	(ii) $\sqrt{225}$	(iii) 0.3796
(iv) 7.478478...	(v) 1.101001000100001...	

అంతం కానీ మరియు ఆవర్తనం కానీ దశాంశాన్ని కనుగొంటాం. వాస్తవానికి మనం అటువంటి అనేక సంబులను కనుగొనవచ్చు. ఉదాహరణకు  $0.150150015000150000\dots$

అభ్యాసం 1.3

## 1.4 Operations on Real Numbers

You have learnt, in earlier classes, that rational numbers satisfy the commutative, associative and distributive laws for addition and multiplication. Moreover, if we add, subtract, multiply or divide (except by zero) two rational numbers, we still get a rational number (that is, rational numbers are ‘closed’ with respect to addition, subtraction, multiplication and division). It turns out that irrational numbers also satisfy the commutative, associative and distributive laws for addition and multiplication. However, the sum, difference, quotients and products of irrational numbers are not *always* irrational. For example,  $(\sqrt{6}) + (-\sqrt{6})$ ,  $(\sqrt{2}) - (\sqrt{2})$ ,  $(\sqrt{3}) \cdot (\sqrt{3})$  and  $\frac{\sqrt{17}}{\sqrt{17}}$  are rationals.

Let us look at what happens when we add and multiply a rational number with an irrational number. For example,  $\sqrt{3}$  is irrational. What about  $2 + \sqrt{3}$  and  $2\sqrt{3}$ ? Since  $\sqrt{3}$  has a non-terminating non-recurring decimal expansion, the same is true for  $2 + \sqrt{3}$  and  $2\sqrt{3}$ . Therefore, both  $2 + \sqrt{3}$  and  $2\sqrt{3}$  are also irrational numbers.

**Example 11 :** Check whether  $7\sqrt{5}$ ,  $\frac{7}{\sqrt{5}}$ ,  $\sqrt{2} + 21$ ,  $\pi - 2$  are irrational numbers or not.

**Solution :**  $\sqrt{5} = 2.236\dots$ ,  $\sqrt{2} = 1.4142\dots$ ,  $\pi = 3.1415\dots$

Then  $7\sqrt{5} = 15.652\dots$ ,  $\frac{7}{\sqrt{5}} = \frac{7\sqrt{5}}{\sqrt{5}\sqrt{5}} = \frac{7\sqrt{5}}{5} = 3.1304\dots$

$\sqrt{2} + 21 = 22.4142\dots$ ,  $\pi - 2 = 1.1415\dots$

All these are non-terminating non-recurring decimals. So, all these are irrational numbers.

Now, let us see what generally happens if we add, subtract, multiply, divide, take square roots and even  $n$ th roots of these irrational numbers, where  $n$  is any natural number. Let us look at some examples.

**Example 12 :** Add  $2\sqrt{2} + 5\sqrt{3}$  and  $\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$ .

**Solution :**  $(2\sqrt{2} + 5\sqrt{3}) + (\sqrt{2} - 3\sqrt{3}) = (2\sqrt{2} + \sqrt{2}) + (5\sqrt{3} - 3\sqrt{3})$   
 $= (2 + 1)\sqrt{2} + (5 - 3)\sqrt{3} = 3\sqrt{2} + 2\sqrt{3}$

### 1.4 వాస్తవ సంఖ్యల పై పరిక్రియలు

క్రింది తరగతులలో మనం అకరణీయ సంఖ్యల సంకలనం మరియు గుణకారం దృష్ట్యా స్థిత్యంతర ధర్మం, సహచర ధర్మం మరియు విభాగ న్యాయాలు పాటిస్తాయని తెలుసుకున్నాం. అంతేకాక రెండు అకరణీయ సంఖ్యలను కూడినా, తీసివేసినా, గుణించినా, భాగించినా (సున్నాతో కాక) మనం మరలా అకరణీయ సంఖ్యలను పొందుతాం. (అనగా అకరణీయ సంఖ్యలు కూడిక, తీసివేత, గుణకారం మరియు భాగాపోరములలో సంవృత ధర్మాన్ని పాటిస్తాయి). ఇదే విధంగా కరణీయ సంఖ్యలు కూడా తీసివేత, గుణకారం మరియు భాగాపోరాలు సంవృత, సహచర, స్థిత్యంతర ధర్మాలను పాటిస్తాయని చెప్పగలమా? కరణీయ సంఖ్యల మొత్తం, బేధం, లబ్ధం మరియు భాగఫలం తిరిగి కరణీయ సంఖ్య కానవసరం లేదు.

**ఉదాహరణకు**  $(\sqrt{6}) + (-\sqrt{6}), (\sqrt{2}) - (\sqrt{2}), (\sqrt{3}) \cdot (\sqrt{3})$  మరియు  $\frac{\sqrt{17}}{\sqrt{17}}$  లు అకరణీయ సంఖ్యలు.

మనం గమనించినట్లయితే ఒక అకరణీయ సంఖ్యను మరియొక అకరణీయ సంఖ్యతో కూడిన, తీసివేసిన మరియు గుణించిన ఏం జరుగుతుంది? ఉదాహరణకు  $\sqrt{3}$  అనునది కరణీయ సంఖ్య, మరి  $2 + \sqrt{3}$  మరియు  $2\sqrt{3}$  ల సంగతి ఏమిటి?  $\sqrt{3}$  కు అంతం కాని మరియు ఆవర్తనం కాని దశాంశ విస్తరణను కలిగి ఉన్నది కాబట్టి  $2 + \sqrt{3}$  మరియు  $2\sqrt{3}$  లకు కూడా అదే వర్తిస్తుంది. కనుక  $2 + \sqrt{3}$  మరియు  $2\sqrt{3}$  లు రెండూ కరణీయ సంఖ్యలు.

**ఉదాహరణ 11:**  $7\sqrt{5}, \frac{7}{\sqrt{5}}, \sqrt{2} + 21, \pi - 2$  లు కరణీయ సంఖ్యలా? కాదా? సరిచూడండి.

**సాధన :**  $\sqrt{5} = 2.236\dots, \sqrt{2} = 1.4142\dots, \pi = 3.1415\dots$

$$\text{జప్పుడు } 7\sqrt{5} = 15.652\dots, \frac{7}{\sqrt{5}} = \frac{7\sqrt{5}}{\sqrt{5}\sqrt{5}} = \frac{7\sqrt{5}}{5} = 3.1304\dots$$

$$\sqrt{2} + 21 = 22.4142\dots, \pi - 2 = 1.1415\dots$$

ఇవ్వే కూడా అంతం కాని ఆవర్తనం కాని దశాంశాలు. కాబట్టి ఇవ్వే కూడా కరణీయ సంఖ్యలే. ఇప్పుడు  $n$  అనేది ఏదైనా సహజ సంఖ్య అయిన కరణీయ సంఖ్యల యొక్క కూడిక, తీసివేత, గుణకారం, భాగాపోరాలు, వర్ధమాలాలు మరియు  $n$  యొక్క మూలాలను తీసుకుంటే సాధారణంగా ఏమి జరుగుతుందో కొన్ని ఉదాహరణల ద్వారా చూద్దాం.

**ఉదాహరణ 12 :**  $2\sqrt{2} + 5\sqrt{3}$  మరియు  $\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$  లను కూడండి.

$$\begin{aligned} \text{సాధన : } & (2\sqrt{2} + 5\sqrt{3}) + (\sqrt{2} - 3\sqrt{3}) = (2\sqrt{2} + \sqrt{2}) + (5\sqrt{3} - 3\sqrt{3}) \\ & = (2+1)\sqrt{2} + (5-3)\sqrt{3} = 3\sqrt{2} + 2\sqrt{3} \end{aligned}$$

**Example 13 :** Multiply  $6\sqrt{5}$  by  $2\sqrt{5}$ .

$$\text{Solution : } 6\sqrt{5} \times 2\sqrt{5} = 6 \times 2 \times \sqrt{5} \times \sqrt{5} = 12 \times 5 = 60$$

**Example 14 :** Divide  $8\sqrt{15}$  by  $2\sqrt{3}$ .

$$\text{Solution : } 8\sqrt{15} \div 2\sqrt{3} = \frac{8\sqrt{3} \times \sqrt{5}}{2\sqrt{3}} = 4\sqrt{5}$$

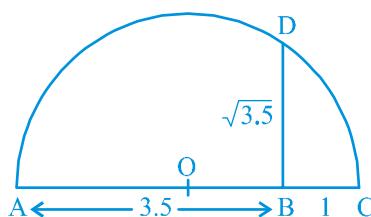
These examples may lead you to expect the following facts, **which are true**:

- (i) The sum or difference of a rational number and an irrational number is irrational.
- (ii) The product or quotient of a non-zero rational number with an irrational number is irrational.
- (iii) If we add, subtract, multiply or divide two irrationals, the result may be rational or irrational.

We now turn our attention to the operation of taking square roots of real numbers. Recall that, if  $a$  is a natural number, then  $\sqrt{a} = b$  means  $b^2 = a$  and  $b > 0$ . The same definition can be extended for positive real numbers.

Let  $a > 0$  be a real number. Then  $\sqrt{a} = b$  means  $b^2 = a$  and  $b > 0$ .

In Section 1.2, we saw how to represent  $\sqrt{n}$  for any positive integer  $n$  on the number line. We now show how to find  $\sqrt{x}$  for any given positive real number  $x$  geometrically. For example, let us find it for  $x = 3.5$ , i.e., we find  $\sqrt{3.5}$  geometrically.



**Fig. 1.11**

Mark the distance 3.5 units from a fixed point A on a given line to obtain a point B such that  $AB = 3.5$  units (see Fig. 1.11). From B, mark a distance of 1 unit and mark the new point as C. Find the mid-point of AC and mark that point as O. Draw a semicircle with centre O and radius OC. Draw a line perpendicular to AC passing through B and intersecting the semicircle at D. Then,  $BD = \sqrt{3.5}$ .

**ఉదాహరణ 13 :**  $6\sqrt{5}$  ను  $2\sqrt{5}$ తో గుణించండి.

$$\text{సాధన : } 6\sqrt{5} \times 2\sqrt{5} = 6 \times 2 \times \sqrt{5} \times \sqrt{5} = 12 \times 5 = 60$$

**ఉదాహరణ 14 :**  $8\sqrt{15}$  ను  $2\sqrt{3}$  చే భాగించండి.

$$\text{సాధన : } 8\sqrt{15} \div 2\sqrt{3} = \frac{8\sqrt{3} \times \sqrt{5}}{2\sqrt{3}} = 4\sqrt{5}$$

ఈ ఉదాహరణలు మనకు ఈ క్రింది వాస్తవాలను ఆశించడానికి దారి తీయవచ్చు. అది సత్యం

(i) ఒక అకరణీయ సంఖ్య మరియు కరణీయ సంఖ్యల మొత్తం మరియు భేదం ఒక కరణీయ సంఖ్య.

(ii) ఒక సున్నా కాని అకరణీయ సంఖ్య మరియు కరణీయ సంఖ్యల లబ్ధం మరియు భాగఫలం కరణీయ సంఖ్య.

(iii) రెండు కరణీయ సంఖ్యల మొత్తం, భేదం, లబ్ధం మరియు భాగఫలాలు అకరణీయసంఖ్య గాని, కరణీయ

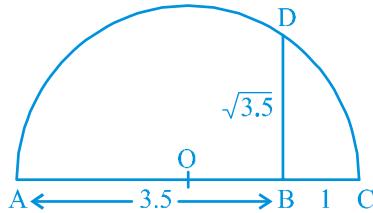
సంఖ్య గాని అవుతుంది.

మనం ఇప్పుడు వాస్తవ సంఖ్యల యొక్క వర్గమూలాల ప్రక్రియలపై దృష్టిని సారిద్దాం.  $a$  ఒక సహజ సంఖ్య అయినపుడు  $\sqrt{a} = b$  అయిన  $b^2 = a$  మరియు  $b > 0$  అవుతుందని గుర్తుకు తెచ్చుకోండి. ఈ నిర్వచనాన్ని ధన వాస్తవ సంఖ్యలకు కూడా విస్తరించవచ్చు.

$$a > 0 \text{ అనునది వాస్తవ సంఖ్య అయినపుడు } \sqrt{a} = b \text{ అనగా } b^2 = a \text{ మరియు } b > 0 \text{ అవుతుంది.}$$

విభాగం 1.2 లో,  $n$  ఏదేని ధనాత్మక పూర్తసంఖ్య అయిన  $\sqrt{n}$  సంఖ్య రేఖపై ఏవిధంగా గుర్తించాలో చూశాం. ఇప్పుడు మనం  $x$  ఏదైనా ఒక ధన వాస్తవ సంఖ్య అయిన  $\sqrt{x}$  ఏలువను ఏవిధంగా కనుగొనాలో జ్ఞానితీయంగా చూచ్చాం.

ఉదాహరణకు  $x = 3.5$  అయిన  $\sqrt{3.5}$  ను జ్ఞానితీయంగా కనుగొందాము.



పటం 1.11

$AB = 3.5$  యూనిట్లు దూరం అగునట్లు స్థిర బిందువు  $A$  నుండి బిందువు  $B$  వద్దకు రేఖాఖండాన్ని గీయండి.  $B$  నుండి 1 యూనిట్ దూరంలో  $C$  అను కొత్త బిందువు గుర్తించండి.  $AC$  యొక్క మధ్య బిందువును  $O$  గా గుర్తించండి.  $O$  కేంద్రంగా  $OC$  వ్యాసార్థంతో ఒక అర్ధవృత్తాన్ని గీయండి.  $AC$ కి లంబంగా  $B$  గుండా పోవునట్లు మరియు అర్ధవృత్తాన్ని  $D$  వద్ద ఖండించినట్లు ఒక లంబాన్ని గీయండి.  $BD = \sqrt{3.5}$ .

More generally, to find  $\sqrt{x}$ , for any positive real number  $x$ , we mark B so that  $AB = x$  units, and, as in Fig. 1.12, mark C so that  $BC = 1$  unit. Then, as we have done for the case  $x = 3.5$ , we find  $BD = \sqrt{x}$  (see Fig. 1.12). We can prove this result using the Pythagoras Theorem.

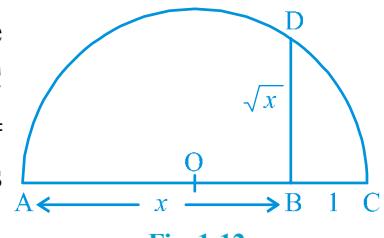


Fig. 1.12

Notice that, in Fig. 1.12,  $\triangle OBD$  is a right-angled triangle. Also, the radius of the circle is  $\frac{x+1}{2}$  units.

Therefore,  $OC = OD = OA = \frac{x+1}{2}$  units.

$$\text{Now, } OB = x - \left(\frac{x+1}{2}\right) = \frac{x-1}{2}.$$

So, by the Pythagoras Theorem, we have

$$BD^2 = OD^2 - OB^2 = \left(\frac{x+1}{2}\right)^2 - \left(\frac{x-1}{2}\right)^2 = \frac{4x}{4} = x.$$

This shows that  $BD = \sqrt{x}$ .

This construction gives us a visual, and geometric way of showing that  $\sqrt{x}$  exists for all real numbers  $x > 0$ . If you want to know the position of  $\sqrt{x}$  on the number line, then let us treat the line BC as the number line, with B as zero, C as 1, and so on. Draw an arc with centre B and radius BD, which intersects the number line in E (see Fig. 1.13). Then, E represents  $\sqrt{x}$ .

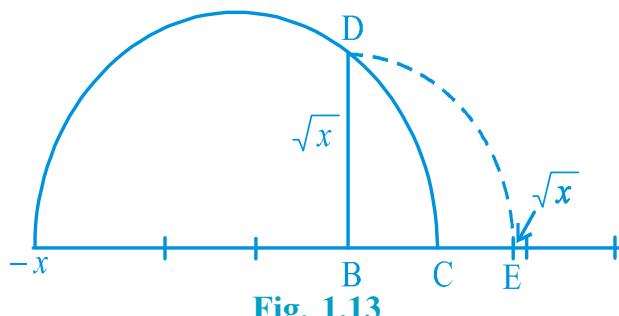
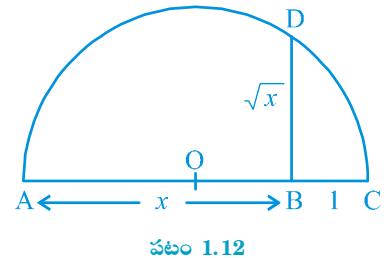


Fig. 1.13

సాధారణంగా ఏదైనా భన వాస్తవ సంఖ్య  $x$  కు  $\sqrt{x}$  ను కనుకోవాలంటే  $AB = x$  యూనిట్లు అయ్యేవిధంగా  $B$  బిందువును గుర్తించండి. మరియు పటం 1.12 లో చూపిన విధంగా  $BC = 1$  యూనిట్ అయ్యేవిధంగా  $C$  బిందువును గుర్తించండి. ఇప్పుడు  $x = 3.5$  లో చేసినవిధంగా (పటం 1.16ని చూడండి) మనం  $BD = \sqrt{x}$  ను కనుగొంటాం. ఈ విలువను మనం పైఫాగరస్ సిద్ధాంతం ద్వారా నిరూపిస్తాం.



పటం 1.12 ని గమనించటయితే  $\Delta OBD$  ఒక లంబకోణ త్రిభుజం మరియు వృత్త వ్యసార్థం  $\frac{x+1}{2}$  యూనిట్లు.

$$\text{కాబట్టి } OC = OD = OA = \frac{x+1}{2} \text{ యూనిట్లు.}$$

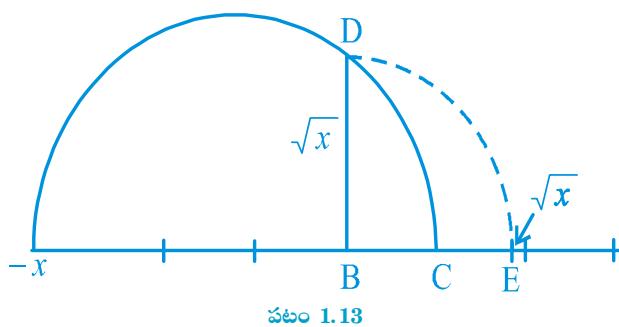
$$\text{ఇప్పుడు } OB = x - \left( \frac{x+1}{2} \right) = \frac{x-1}{2}.$$

కనుక, పైఫాగరస్ సిద్ధాంతం ప్రకారం, మనకు

$$BD^2 = OD^2 - OB^2 = \left( \frac{x+1}{2} \right)^2 - \left( \frac{x-1}{2} \right)^2 = \frac{4x}{4} = x.$$

ఇది  $BD = \sqrt{x}$  అని సూచిస్తుంది.

ఈ నిర్మాణం మనకు  $x > 0$  అయిన ప్రతి వాస్తవ సంఖ్యకు  $\sqrt{x}$  ఉంటుందని జ్యామితీయంగా చూపించు పద్ధతిని తెలియజేస్తుంది. సంఖ్యారేఖ పై  $\sqrt{x}$  స్థానాన్ని తెలుసుకోవలెనన్న  $BC$  ను సంఖ్యారేఖగా భావించండి  $B$  సున్నగా  $C$  ను 1 గా మొదలగునవి.  $B$  ను కేంద్రంగా,  $BD$  వ్యసార్థంతో ఒక చాపం గీయండి. ఈ చాపం సంఖ్యారేఖను  $E$  బిందువు వద్ద ఖండిస్తుంది. (పటం 1.13చూడండి) ఇప్పుడు  $E$  అనేది  $\sqrt{x}$  ను సూచిస్తుంది.



We would like to now extend the idea of square roots to cube roots, fourth roots, and in general  $n$ th roots, where  $n$  is a positive integer. Recall your understanding of square roots and cube roots from earlier classes.

What is  $\sqrt[3]{8}$ ? Well, we know it has to be some positive number whose cube is 8, and you must have guessed  $\sqrt[3]{8} = 2$ . Let us try  $\sqrt[3]{243}$ . Do you know some number  $b$  such that  $b^5 = 243$ ? The answer is 3. Therefore,  $\sqrt[3]{243} = 3$ .

From these examples, can you define  $\sqrt[n]{a}$  for a real number  $a > 0$  and a positive integer  $n$ ?

Let  $a > 0$  be a real number and  $n$  be a positive integer. Then  $\sqrt[n]{a} = b$ , if  $b^n = a$  and  $b > 0$ . Note that the symbol ‘ $\sqrt[n]{\phantom{x}}$ ’ used in  $\sqrt{2}, \sqrt[3]{8}, \sqrt[n]{a}$ , etc. is called the *radical sign*.

We now list some identities relating to square roots, which are useful in various ways. You are already familiar with some of these from your earlier classes. The remaining ones follow from the distributive law of multiplication over addition of real numbers, and from the identity  $(x + y)(x - y) = x^2 - y^2$ , for any real numbers  $x$  and  $y$ .

Let  $a$  and  $b$  be positive real numbers. Then

$$(i) \quad \sqrt{ab} = \sqrt{a}\sqrt{b} \qquad (ii) \quad \sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

$$(iii) \quad (\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{a} - \sqrt{b}) = a - b \quad (iv) \quad (a + \sqrt{b})(a - \sqrt{b}) = a^2 - b$$

$$(v) \quad (\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{c} + \sqrt{d}) = \sqrt{ac} + \sqrt{ad} + \sqrt{bc} + \sqrt{bd}$$

$$(vi) \quad (\sqrt{a} + \sqrt{b})^2 = a + 2\sqrt{ab} + b$$

Let us look at some particular cases of these identities.

**Example 15 :** Simplify the following expressions:

$$(i) \quad (5 + \sqrt{7})(2 + \sqrt{5}) \qquad (ii) \quad (5 + \sqrt{5})(5 - \sqrt{5})$$

$$(iii) \quad (\sqrt{3} + \sqrt{7})^2 \qquad (iv) \quad (\sqrt{11} - \sqrt{7})(\sqrt{11} + \sqrt{7})$$

ఈ వర్గమూలాల విధానాన్ని, ఘన మూలాలుగా మరియు  $4వ$  మూలముగా, అదే విధంగా సాధారణంగా  $n$  మూలములను కనుగొనుటకు విస్తరించవచ్చును. ఇచ్చట  $n$  ఒక ధనపూర్ణ సంఖ్య. క్రింది తరగతులలో వర్గమూలాలు మరియు ఘన మూలాల పై మీ యొక్క అవగాహనను గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.

$\sqrt[3]{8}$  అనగా ఏమిటి?  $8$  అనునది ఒక ధనాత్మక సంఖ్య యొక్క ఘనం అయి ఉంటుందని మనకు తెలుసు. మరియు  $\sqrt[3]{8} = 2$  అని మనం ఉపాయంచగలం.  $\sqrt[3]{243}$  విలువ కనుగొనుటకు ప్రయత్నించండి. మీకు తెలుసా, ఏదో ఒక సంఖ్య  $b$  కు  $b^3 = 243$ ? సమాధానం  $3$  కాబట్టి  $\sqrt[3]{243} = 3$

ఈ ఉదాహరణల ద్వారా ఏదైనా పూర్ణ సంఖ్య  $n$  మరియు  $a > 0$  అను వాస్తవ సంఖ్యకు  $\sqrt[n]{a}$  ను నిర్వహించగలరా?  $a > 0$  అనునది ఒక వాస్తవ సంఖ్య మరియు  $n$  ఒక ధన పూర్ణ సంఖ్య అనుకోండి. ఇప్పుడు  $\sqrt[n]{a} = b$  అయిన  $b^n = a$  మరియు  $b > 0$  గమనించండి.  $\sqrt{2}, \sqrt[3]{8}, \sqrt[4]{a}$  మొదలగు వాటిలో ఉపయోగించిన ‘ $\sqrt{\phantom{x}}$ ’ గుర్తును రాడికల్ గుర్తు అంటారు.

మనం ఇప్పుడు వర్గమూలాలకు సంబంధించిన కొన్ని సర్వ సమానత్వ నియమాల జాబితాను రాద్దాం. క్రింది తరగతులలో మీరు ఏటిలో కొన్నింటి గురించి నేర్చుకుని ఉన్నారు. మిగిలినవి వాస్తవ సంఖ్యల యొక్క సంకలనంపై గుణకార విభాగ న్యాయము మరియు  $(x + y)(x - y) = x^2 - y^2$  అనే సర్వ సమానత్వ నియమం ద్వారా రాయవచ్చును. ఇక్కడ  $x, y$  లు ఏపైనా వాస్తవ సంఖ్యలు.

$a, b$  లు ఏవేని ధన వాస్తవ సంఖ్యలు, ఐన

$$(i) \sqrt{ab} = \sqrt{a}\sqrt{b} \quad (ii) \sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

$$(iii) (\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{a} - \sqrt{b}) = a - b \quad (iv) (a + \sqrt{b})(a - \sqrt{b}) = a^2 - b$$

$$(v) (\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{c} + \sqrt{d}) = \sqrt{ac} + \sqrt{ad} + \sqrt{bc} + \sqrt{bd}$$

$$(vi) (\sqrt{a} + \sqrt{b})^2 = a + 2\sqrt{ab} + b$$

ఈ సర్వ సమానత్వ నియమాల యొక్క కొన్ని ప్రత్యేక సందర్భాలను పరిశీలిద్దాం.

**ఉదాహరణ 15 :** క్రింది సమాసాలను సూక్ష్మికరించండి.

$$(i) (5 + \sqrt{7})(2 + \sqrt{5}) \quad (ii) (5 + \sqrt{5})(5 - \sqrt{5})$$

$$(iii) (\sqrt{3} + \sqrt{7})^2 \quad (iv) (\sqrt{11} - \sqrt{7})(\sqrt{11} + \sqrt{7})$$

**Solution :** (i)  $(5 + \sqrt{7})(2 + \sqrt{5}) = 10 + 5\sqrt{5} + 2\sqrt{7} + \sqrt{35}$

(ii)  $(5 + \sqrt{5})(5 - \sqrt{5}) = 5^2 - (\sqrt{5})^2 = 25 - 5 = 20$

(iii)  $(\sqrt{3} + \sqrt{7})^2 = (\sqrt{3})^2 + 2\sqrt{3}\sqrt{7} + (\sqrt{7})^2 = 3 + 2\sqrt{21} + 7 = 10 + 2\sqrt{21}$

(iv)  $(\sqrt{11} - \sqrt{7})(\sqrt{11} + \sqrt{7}) = (\sqrt{11})^2 - (\sqrt{7})^2 = 11 - 7 = 4$

**Remark :** Note that ‘simplify’ in the example above has been used to mean that the expression should be written as the sum of a rational and an irrational number.

We end this section by considering the following problem. Look at  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ . Can you tell where it shows up on the number line? You know that it is irrational. May be it is easier to handle if the denominator is a rational number. Let us see, if we can ‘rationalise’ the denominator, that is, to make the denominator into a rational number. To do so, we need the identities involving square roots. Let us see how.

**Example 16 :** Rationalise the denominator of  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ .

**Solution :** We want to write  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  as an equivalent expression in which the denominator is a rational number. We know that  $\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}$  is rational. We also know that multiplying  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  by  $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$  will give us an equivalent expression, since  $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1$ . So, we put these two facts together to get

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

In this form, it is easy to locate  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  on the number line. It is half way between 0 and  $\sqrt{2}$ .

**సాధన :** (i)  $(5 + \sqrt{7})(2 + \sqrt{5}) = 10 + 5\sqrt{5} + 2\sqrt{7} + \sqrt{35}$

(ii)  $(5 + \sqrt{5})(5 - \sqrt{5}) = 5^2 - (\sqrt{5})^2 = 25 - 5 = 20$

(iii)  $(\sqrt{3} + \sqrt{7})^2 = (\sqrt{3})^2 + 2\sqrt{3}\sqrt{7} + (\sqrt{7})^2 = 3 + 2\sqrt{21} + 7 = 10 + 2\sqrt{21}$

(iv)  $(\sqrt{11} - \sqrt{7})(\sqrt{11} + \sqrt{7}) = (\sqrt{11})^2 - (\sqrt{7})^2 = 11 - 7 = 4$

**గమనిక :** పైన పేర్కొనిన ఉదాహరణలతో సూక్ష్మికరించడం అనేది ఇచ్చిన సమాసం ఒక అకరణీయ మరియు కరణీయ సంఖ్యల మొత్తంగా ప్రాయాలని అర్థం చేసుకోవడానికి ఉపయోగపడుతుంది అని గమనించండి.

ఈ క్రింది సమస్యను పరిగణనలోకి తీసుకోవడం ద్వారా మనం ఈ విభాగాన్ని ముగిస్తాం.  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  ను చూడండి. ఇది సంఖ్యారేఖ

పై ఎక్కడ గుర్తిస్తారో మీరు చెప్పగలరా? ఇది ఒక కరణీయ సంఖ్య అని మనకు తెలుసు. దాని యొక్క హోరం ఒక అకరణీయ సంఖ్య అయిన మనం దానిని సులభంగా నిర్మచించవచ్చును. మనం హోరాన్ని అకరణీయం చేయగలమా? అనగా హోరాన్ని అకరణీయ సంఖ్యగా మార్చడం. దీనిని చేయుటకు మనం వర్గమూలాలకు సంబంధించిన సర్వ సమానత్వ నియమాలను ఉపయోగించాలి. అది ఎలానో చూద్దాం.

**ఉదాహరణ 16 :**  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ . యొక్క హోరాన్ని అకరణీయం చేయండి.

**సాధన :** ఇప్పుడు మనం  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  కు సమానమైన హోరం అకరణీయ సంఖ్య అయిన సమానాన్ని రాయాలి.

$\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}$  ఒక అకరణీయ సంఖ్య అని మనకు తెలుసు.  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  ను  $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$  చే గుణించిన మనకు  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  కు సర్వసమానమైన

సమాసం వస్తుందని మనకు తెలుసు. ఎందుకంటే  $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1$ . మనం ఈ రెండు సందర్భాలను ఉపయోగించి

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

ఈ రూపంలో  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  ను సంఖ్యారేఖ పై గుర్తించుట సులభం. ఇది 0 మరియు  $\sqrt{2}$  ల మధ్య ఉంటుంది.

**Example 17:** Rationalise the denominator of  $\frac{1}{2 + \sqrt{3}}$ .

**Solution :** We use the Identity (iv) given earlier. Multiply and divide  $\frac{1}{2 + \sqrt{3}}$  by  $2 - \sqrt{3}$  to get

$$\frac{1}{2 + \sqrt{3}} \times \frac{2 - \sqrt{3}}{2 - \sqrt{3}} = \frac{2 - \sqrt{3}}{4 - 3} = 2 - \sqrt{3}.$$

**Example 18 :** Rationalise the denominator of  $\frac{5}{\sqrt{3} - \sqrt{5}}$ .

**Solution :** Here we use the Identity (iii) given earlier.

$$\text{So, } \frac{5}{\sqrt{3} - \sqrt{5}} = \frac{5}{\sqrt{3} - \sqrt{5}} \times \frac{\sqrt{3} + \sqrt{5}}{\sqrt{3} + \sqrt{5}} = \frac{5(\sqrt{3} + \sqrt{5})}{3 - 5} = \left( \frac{-5}{2} \right) (\sqrt{3} + \sqrt{5})$$

**Example 19 :** Rationalise the denominator of  $\frac{1}{7+3\sqrt{2}}$ .

$$\text{Solution : } \frac{1}{7+3\sqrt{2}} = \frac{1}{7+3\sqrt{2}} \times \left( \frac{7-3\sqrt{2}}{7-3\sqrt{2}} \right) = \frac{7-3\sqrt{2}}{49-18} = \frac{7-3\sqrt{2}}{31}$$

So, when the denominator of an expression contains a term with a square root (or a number under a radical sign), the process of converting it to an equivalent expression whose denominator is a rational number is called *rationalising the denominator*.

## EXERCISE 1.4

1. Classify the following numbers as rational or irrational:

$$(i) \quad 2 - \sqrt{5} \qquad (ii) \quad (3 + \sqrt{23}) - \sqrt{23} \quad (iii) \quad \frac{2\sqrt{7}}{7\sqrt{7}}$$

$$(iv) \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (v) 2\pi$$

**ఉదాహరణ 17:**  $\frac{1}{2 + \sqrt{3}}$ . యొక్క పోరాన్ని అకరణీయం చేయండి.

**సాధన :** (iv) వ సర్వసమాన నియమాలను ఉపయోగించి  $\frac{1}{2+\sqrt{3}}$  ను  $2 - \sqrt{3}$  చే గుణించి, భాగించిన  $\frac{1}{2+\sqrt{3}}$

$$\frac{1}{2 + \sqrt{3}} = \frac{1}{2 + \sqrt{3}} \times \frac{2 - \sqrt{3}}{2 - \sqrt{3}} = \frac{2 - \sqrt{3}}{4 - 3} = 2 - \sqrt{3}.$$

**ఉదాహరణ 18 :**  $\frac{5}{\sqrt{3} - \sqrt{5}}$ . యొక్క పోరాన్ని అకరణీయం చేయండి.

**సాధన :** (iii) వ సర్వ సమానత్వ నియమాన్ని ఉపయోగించి

$$\frac{5}{\sqrt{3} - \sqrt{5}} = \frac{5}{\sqrt{3} - \sqrt{5}} \times \frac{\sqrt{3} + \sqrt{5}}{\sqrt{3} + \sqrt{5}} = \frac{5(\sqrt{3} + \sqrt{5})}{3 - 5} = \left( \frac{-5}{2} \right) (\sqrt{3} + \sqrt{5})$$

**ఉదాహరణ 19 :**  $\frac{1}{7+3\sqrt{2}}$ . యొక్క హోన్సీ అకరణీయం చేయండి.

$$\text{సాధన : } \frac{1}{7+3\sqrt{2}} = \frac{1}{7+3\sqrt{2}} \times \left( \frac{7-3\sqrt{2}}{7-3\sqrt{2}} \right) = \frac{7-3\sqrt{2}}{49-18} = \frac{7-3\sqrt{2}}{31}$$

కాబట్టి, ఒక సమానంలోని హరం వర్గమూలం (లేదా రాడికల్ గుర్తు కింద ఉన్న సంఖ్య) ఒక పదాన్ని కలిగి ఉన్నప్పుడు దానిని అకరణియ సంఖ్య గల హరంగా మార్పటానికి ఉపయోగించే ప్రత్యియను హరాన్ని ఆకరణియం చేయటం అంటారు.

అభ్యాసం 1.4

1. క్రింది సంఖ్యలను అకరణీయ సంఖ్యలు, కరణీయ సంఖ్యలుగా వర్ణికరించండి.

(i)  $2 - \sqrt{5}$       (ii)  $(3 + \sqrt{23}) - \sqrt{23}$       (iii)  $\frac{2\sqrt{7}}{7\sqrt{7}}$

$$(iv) \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (v) 2\pi$$

2. Simplify each of the following expressions:

(i)  $(3 + \sqrt{3})(2 + \sqrt{2})$       (ii)  $(3 + \sqrt{3})(3 - \sqrt{3})$

(iii)  $(\sqrt{5} + \sqrt{2})^2$       (iv)  $(\sqrt{5} - \sqrt{2})(\sqrt{5} + \sqrt{2})$

3. Recall,  $\pi$  is defined as the ratio of the circumference (say  $c$ ) of a circle to its diameter

(say  $d$ ). That is,  $\pi = \frac{c}{d}$ . This seems to contradict the fact that  $\pi$  is irrational. How will you resolve this contradiction?

4. Represent  $\sqrt{9.3}$  on the number line.

5. Rationalise the denominators of the following:

(i)  $\frac{1}{\sqrt{7}}$       (ii)  $\frac{1}{\sqrt{7} - \sqrt{6}}$

(iii)  $\frac{1}{\sqrt{5} + \sqrt{2}}$       (iv)  $\frac{1}{\sqrt{7} - 2}$

## 1.5 Laws of Exponents for Real Numbers

Do you remember how to simplify the following?

(i)  $17^2 \cdot 17^5 =$       (ii)  $(5^2)^7 =$

(iii)  $\frac{23^{10}}{23^7} =$       (iv)  $7^3 \cdot 9^3 =$

Did you get these answers? They are as follows:

(i)  $17^2 \cdot 17^5 = 17^7$       (ii)  $(5^2)^7 = 5^{14}$

(iii)  $\frac{23^{10}}{23^7} = 23^3$       (iv)  $7^3 \cdot 9^3 = 63^3$

To get these answers, you would have used the following laws of exponents, which you have learnt in your earlier classes. (Here  $a$ ,  $n$  and  $m$  are natural numbers. Remember,  $a$  is called the base and  $m$  and  $n$  are the exponents.)

(i)  $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$       (ii)  $(a^m)^n = a^{mn}$

(iii)  $\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$ ,  $m > n$       (iv)  $a^m b^m = (ab)^m$

2. క్రింది సమాపొలను సూక్ష్మికరించండి.

- (i)  $(3 + \sqrt{3})(2 + \sqrt{2})$       (ii)  $(3 + \sqrt{3})(3 - \sqrt{3})$   
 (iii)  $(\sqrt{5} + \sqrt{2})^2$       (iv)  $(\sqrt{5} - \sqrt{2})(\sqrt{5} + \sqrt{2})$

3. గుర్తు చేసుకోండి.  $\pi$  అనునది ఒక వృత్త పరిధి( $c$ )కి దాని వ్యాసం ( $d$ ) కి గల నిష్పత్తి. అనగా  $\pi = \frac{c}{d}$ . ఇది  $\pi$  అనేది కరణీయ సంఖ్య అను భావనకు విరుద్ధంగా ఉంది. ఈ విరుద్ధతను మీరు ఎలా పరిష్కరిస్తావు?

4.  $\sqrt{9.3}$  ను సంఖ్యా రేఖ పై సూచించండి.

5. హరోలను అకరణీయం చేయండి.

- (i)  $\frac{1}{\sqrt{7}}$       (ii)  $\frac{1}{\sqrt{7} - \sqrt{6}}$   
 (iii)  $\frac{1}{\sqrt{5} + \sqrt{2}}$       (iv)  $\frac{1}{\sqrt{7} - 2}$

### 1.5 వాస్తవ సంఖ్యల యొక్క ఘూతాంక నియమాలు:

ఈ క్రింది వాటిని ఎలా సూక్ష్మికరించాలో మీకు తెలుసా?

- (i)  $17^2 \cdot 17^5 =$       (ii)  $(5^2)^7 =$   
 (iii)  $\frac{23^{10}}{23^7} =$       (iv)  $7^3 \cdot 9^3 =$

కింది విధంగా ఈ సమాధానాలు మీరు పొందారా?

- (i)  $17^2 \cdot 17^5 = 17^7$       (ii)  $(5^2)^7 = 5^{14}$   
 (iii)  $\frac{23^{10}}{23^7} = 23^3$       (iv)  $7^3 \cdot 9^3 = 63^3$

ఈ సమాధానాలను పొందటానికి, మీరు మీ క్రింది తరగతులలో నేర్చుకున్న ఈ క్రింది ఘూతాంక నియమాలను ఉపయోగించారు.  
 (ఇక్కడ  $a, n$  మరియు  $m$  లు సహజ సంఖ్యలని గుర్తుంచుకోండి. ‘ $a$ ’ ని భూమి అని  $m$  మరియు  $n$  లను ఘూతాంకాలు అని అంటారు.)

- (i)  $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$       (ii)  $(a^m)^n = a^{mn}$   
 (iii)  $\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}, m > n$       (iv)  $a^m b^m = (ab)^m$

What is  $(a)^0$ ? Yes, it is 1! So you have learnt that  $(a)^0 = 1$ . So, using (iii), we can get  $\frac{1}{a^n} = a^{-n}$ . We can now extend the laws to negative exponents too.

So, for example :

$$(i) \quad 17^2 \cdot 17^{-5} = 17^{-3} = \frac{1}{17^3} \quad (ii) \quad (5^2)^{-7} = 5^{-14}$$

$$(iii) \quad \frac{23^{-10}}{23^7} = 23^{-17} \quad (iv) \quad (7)^{-3} \cdot (9)^{-3} = (63)^{-3}$$

Suppose we want to do the following computations:

$$(i) \quad 2^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{3}} \quad (ii) \quad \left(3^{\frac{1}{5}}\right)^4$$

$$(iii) \quad \frac{7^{\frac{1}{5}}}{7^{\frac{1}{3}}} \quad (iv) \quad 13^{\frac{1}{5}} \cdot 17^{\frac{1}{5}}$$

How would we go about it? It turns out that we can extend the laws of exponents that we have studied earlier, even when the base is a positive real number and the exponents are rational numbers. (Later you will study that it can further be extended when the exponents are real numbers.) But before we state these laws, and to even make sense of these laws, we need to first understand what, for example  $4^{\frac{3}{2}}$  is. So, we have some work to do!

We define  $\sqrt[n]{a}$  for a real number  $a > 0$  as follows:

Let  $a > 0$  be a real number and  $n$  a positive integer. Then  $\sqrt[n]{a} = b$ , if  $b^n = a$  and  $b > 0$ .

In the language of exponents, we define  $\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}$ . So, in particular,  $\sqrt[3]{2} = 2^{\frac{1}{3}}$ . There are now two ways to look at  $4^{\frac{3}{2}}$ .

$$4^{\frac{3}{2}} = \left(4^{\frac{1}{2}}\right)^3 = 2^3 = 8$$

$$4^{\frac{3}{2}} = (4^3)^{\frac{1}{2}} = (64)^{\frac{1}{2}} = 8$$

$(a)^0$  అంటే ఏమిటి? అవును. ఇది  $1!$  కాబట్టి మనం  $(a)^0 = 1$  అని నేర్చుకున్నాం. కాబట్టి (iii)ను ఉపయోగించి మనం  $\frac{1}{a^n} = a^{-n}$ . ని పొందగలం. ఇప్పుడు ఈ నియమాలను మనం బుఱి ఘూతాంకాలకు విస్తరించవచ్చు.

కాబట్టి ఉదాహరణకు

$$(i) \quad 17^2 \cdot 17^{-5} = 17^{-3} = \frac{1}{17^3} \quad (ii) \quad (5^2)^{-7} = 5^{-14}$$

$$(iii) \quad \frac{23^{-10}}{23^7} = 23^{-17} \quad (iv) \quad (7)^{-3} \cdot (9)^{-3} = (63)^{-3}$$

మనం ఈ క్రింది గణనలను చేయాలనుకుంటున్నాం.

$$(i) \quad 2^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{3}} \quad (ii) \quad \left(3^{\frac{1}{5}}\right)^4$$

$$(iii) \quad \frac{7^{\frac{1}{5}}}{7^{\frac{1}{3}}} \quad (iv) \quad 13^{\frac{1}{5}} \cdot 17^{\frac{1}{5}}$$

మనం దాని గురించి ఎలా వెళ్తాం? భూమి ఒక ధన వాస్తవ సంఖ్య మరియు ఘూతాంకాలు అకరణీయ సంఖ్యలుగా గల ఘూతాంకాలకు ఈ నియమాలను విస్తరించవచ్చు అని మనం క్రింది తరగతులలో నేర్చుకున్నాం (ఘూతాంకాలు వాస్తవ సంఖ్యలైన సందర్భాలలో ఈ నియమాలను విస్తరించడం తరువాత అధ్యయనం చేస్తారు). కాని దానికి ముందు మనం ఈ నియమాలను అర్థం చేసుకోవాలి. మొదట ఏమి అర్థం చేసుకోవాలి?

ఉదాహరణకు  $4^{\frac{3}{2}}$  ఇక్కడ మనం కొంత పని చేయాలి. విభాగం  $1.4$  లో మనం  $\sqrt[3]{a}$  నిర్వచించాం. ( $a$  ఒక ధన వాస్తవ సంఖ్య)

$a > 0$ ,  $a$  ఒక ధన వాస్తవ సంఖ్య మరియు  $n$  ఒక ధన వ్యాఖ్య సంఖ్య.  $b > 0$  అప్పుడు  $b^n = a$  అయినపుడు  $\sqrt[n]{a} = b$  అవుతుంది.

ఘూతాంకాల భాషలో మనం  $\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}$ గా నిర్వచిస్తాం. కాబట్టి ప్రత్యేకంగా  $\sqrt[3]{2} = 2^{\frac{1}{3}}$  ఇప్పుడు మనకు  $4^{\frac{3}{2}}$  ను చూడటానికి రెండు మార్గాలు ఉన్నాయి.

$$4^{\frac{3}{2}} = \left(4^{\frac{1}{2}}\right)^3 = 2^3 = 8$$

$$4^{\frac{3}{2}} = (4^3)^{\frac{1}{2}} = (64)^{\frac{1}{2}} = 8$$

Therefore, we have the following definition:

Let  $a > 0$  be a real number. Let  $m$  and  $n$  be integers such that  $m$  and  $n$  have no common factors other than 1, and  $n > 0$ . Then,

$$a^{\frac{m}{n}} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^m = \sqrt[n]{a^m}$$

We now have the following extended laws of exponents:

Let  $a > 0$  be a real number and  $p$  and  $q$  be rational numbers. Then, we have

$$(i) \quad a^p \cdot a^q = a^{p+q} \quad (ii) \quad (a^p)^q = a^{pq}$$

$$(iii) \quad \frac{a^p}{a^q} = a^{p-q} \quad (iv) \quad a^p b^p = (ab)^p$$

You can now use these laws to answer the questions asked earlier.

**Example 20 :** Simplify (i)  $2^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{3}}$  (ii)  $\left(3^{\frac{1}{5}}\right)^4$

$$(iii) \quad \frac{7^{\frac{1}{5}}}{7^{\frac{1}{3}}} \quad (iv) \quad 13^{\frac{1}{5}} \cdot 17^{\frac{1}{5}}$$

**Solution :**

$$(i) \quad 2^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{3}} = 2^{\left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3}\right)} = 2^{\frac{3}{3}} = 2^1 = 2 \quad (ii) \quad \left(3^{\frac{1}{5}}\right)^4 = 3^{\frac{4}{5}}$$

$$(iii) \quad \frac{7^{\frac{1}{5}}}{7^{\frac{1}{3}}} = 7^{\left(\frac{1}{5} - \frac{1}{3}\right)} = 7^{\frac{3-5}{15}} = 7^{\frac{-2}{15}} \quad (iv) \quad 13^{\frac{1}{5}} \cdot 17^{\frac{1}{5}} = (13 \times 17)^{\frac{1}{5}} = 221^{\frac{1}{5}}$$

### EXERCISE 1.5

1. Find : (i)  $64^{\frac{1}{2}}$  (ii)  $32^{\frac{1}{5}}$  (iii)  $125^{\frac{1}{3}}$

2. Find : (i)  $9^{\frac{3}{2}}$  (ii)  $32^{\frac{2}{5}}$  (iii)  $16^{\frac{3}{4}}$  (iv)  $125^{\frac{-1}{3}}$

3. Simplify : (i)  $2^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{5}}$  (ii)  $\left(\frac{1}{3^3}\right)^7$  (iii)  $\frac{11^{\frac{1}{2}}}{11^{\frac{1}{4}}}$  (iv)  $7^{\frac{1}{2}} \cdot 8^{\frac{1}{2}}$

కాబట్టి మనకు క్రింద నిర్వచనాలు ఉన్నాయి.

ఒక ధన వాస్తవ సంఖ్య  $a > 0$ .  $m$  మరియు  $n$  లు 1, తప్ప మరి ఏ ఇతర కారణాంకాలు లేని పూర్ణ సంఖ్యలు మరియు  $n > 0$  అయిన

$$a^{\frac{m}{n}} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^m = \sqrt[m]{a^m}$$

మనం ఇప్పుడు ఘూతాంకాంక నియమాలను ఈ క్రింది విధంగా విస్తరించవచ్చు.

$a > 0$  అనేది ఒక వాస్తవ సంఖ్య.  $p$  మరియు  $q$  లు అకరణీయ సంఖ్యలు అయిన

$$(i) \quad a^p \cdot a^q = a^{p+q} \quad (ii) \quad (a^p)^q = a^{pq}$$

$$(iii) \quad \frac{a^p}{a^q} = a^{p-q} \quad (iv) \quad a^p b^p = (ab)^p$$

ఇప్పుడు మనం ముందు అడిగిన కొన్ని ప్రత్యుల సమాధానాలను ఈ ఘూతాంక నియమాలను ఉపయోగించి చెప్పవచ్చు.

**ఉధారణ 20 :** సూక్ష్మకరించండి. (i)  $2^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{3}}$  (ii)  $\left(3^{\frac{1}{5}}\right)^4$

$$(iii) \quad \frac{7^{\frac{1}{5}}}{7^{\frac{1}{3}}} \quad (iv) \quad 13^{\frac{1}{5}} \cdot 17^{\frac{1}{5}}$$

**సాధన :**

$$(i) \quad 2^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{3}} = 2^{\left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3}\right)} = 2^{\frac{3}{3}} = 2^1 = 2 \quad (ii) \quad \left(3^{\frac{1}{5}}\right)^4 = 3^{\frac{4}{5}}$$

$$(iii) \quad \frac{7^{\frac{1}{5}}}{7^{\frac{1}{3}}} = 7^{\left(\frac{1}{5} - \frac{1}{3}\right)} = 7^{\frac{3-5}{15}} = 7^{\frac{-2}{15}} \quad (iv) \quad 13^{\frac{1}{5}} \cdot 17^{\frac{1}{5}} = (13 \times 17)^{\frac{1}{5}} = 221^{\frac{1}{5}}$$

### అభ్యాసం 1.5

1. (i)  $64^{\frac{1}{2}}$  (ii)  $32^{\frac{1}{5}}$  (iii)  $125^{\frac{1}{3}}$  ల విలువలను కనుగొనండి.

2. (i)  $9^{\frac{3}{2}}$  (ii)  $32^{\frac{2}{5}}$  (iii)  $16^{\frac{3}{4}}$  (iv)  $125^{\frac{-1}{3}}$  ల విలువలను కనుగొనండి.

3. సూక్ష్మకరించండి : (i)  $2^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{5}}$  (ii)  $\left(\frac{1}{3^3}\right)^7$  (iii)  $\frac{11^{\frac{1}{2}}}{11^{\frac{1}{4}}}$  (iv)  $7^{\frac{1}{2}} \cdot 8^{\frac{1}{2}}$

## 1.6 Summary

In this chapter, you have studied the following points:

1. A number  $r$  is called a rational number, if it can be written in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ .
2. A number  $s$  is called a irrational number, if it cannot be written in the form  $\frac{p}{q}$ , where  $p$  and  $q$  are integers and  $q \neq 0$ .
3. The decimal expansion of a rational number is either terminating or non-terminating recurring. Moreover, a number whose decimal expansion is terminating or non-terminating recurring is rational.
4. The decimal expansion of an irrational number is non-terminating non-recurring. Moreover, a number whose decimal expansion is non-terminating non-recurring is irrational.
5. All the rational and irrational numbers make up the collection of real numbers.
6. If  $r$  is rational and  $s$  is irrational, then  $r + s$  and  $r - s$  are irrational numbers, and  $rs$  and  $\frac{r}{s}$  are irrational numbers,  $r \neq 0$ .
7. For positive real numbers  $a$  and  $b$ , the following identities hold:

$$(i) \sqrt{ab} = \sqrt{a}\sqrt{b} \quad (ii) \sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

$$(iii) (\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{a} - \sqrt{b}) = a - b \quad (iv) (\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{a} + \sqrt{b}) = a^2 - b$$

$$(v) (\sqrt{a} + \sqrt{b})^2 = a + 2\sqrt{ab} + b$$

8. To rationalise the denominator of  $\frac{1}{\sqrt{a} + b}$ , we multiply this by  $\frac{\sqrt{a} - b}{\sqrt{a} - b}$ , where  $a$  and  $b$  are integers.

9. Let  $a > 0$  be a real number and  $p$  and  $q$  be rational numbers. Then

$$(i) a^p \cdot a^q = a^{p+q} \quad (ii) (a^p)^q = a^{pq}$$

$$(iii) \frac{a^p}{a^q} = a^{p-q} \quad (iv) a^p b^p = (ab)^p$$

### 1.6 సొరాంశం :

ఈ అధ్యాయంలో మనం ఈ క్రింది అంశాలను చర్చించాం.

1. ఒక సంఖ్య  $r$ ను అకరణీయ సంఖ్య అనాలంటే  $r$ ను  $\frac{p}{q}$  రూపంలో రాయాలి. ఇక్కడ  $p$  మరియు  $q$  లు పూర్తి సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$ .
2. ఒక సంఖ్య  $s$ ను కరణీయ సంఖ్య అనాలంటే  $s$ ను  $\frac{p}{q}$  రూపంలో రాయలేం ఇక్కడ  $p, q$  లు పూర్తి సంఖ్యలు మరియు  $q \neq 0$
3. ఒక అకరణీయ సంఖ్య యొక్క దశాంశ విస్తరణ అంతమయ్యే లేక అంతం కాని ఆవృతమయ్యే దశాంశం మరియు ఒక సంఖ్య యొక్క దశాంశ విస్తరణ అంతమయిన లేక అంతం కాని ఆవృత దశాంశం అయిన అది కరణీయ సంఖ్య.
4. ఒక కరణీయ సంఖ్య యొక్క దశాంశ విస్తరణ అంతం కాని మరియు ఆవృతం కాని దశాంశ విస్తరణ, అదేవిధంగా అంతం కాని మరియు ఆవృతం కాని దశాంశ విస్తరణలు అన్ని కరణీయ సంఖ్యలే.
5. అన్ని అకరణీయ మరియు కరణీయ సంఖ్యల సమాపోరం వాస్తవ సంఖ్యలవుతాయి.
6.  $r$  అనునది ఒక అకరణీయ సంఖ్య మరియు  $s$  అనునది కరణీయ సంఖ్య అయిన,  $r+s$  మరియు  $r-s$  లు కరణీయ సంఖ్యలు మరియు  $r/s$  మరియు  $\frac{r}{s}$  లు కరణీయ సంఖ్యలు  $r \neq 0$ .
7.  $a$  మరియు  $b$  లు ధన వాస్తవ సంఖ్యలు అయిన ఈ క్రింది సర్వసమాన నియమాలు వర్తిస్తాయి.

$$(i) \sqrt{ab} = \sqrt{a}\sqrt{b}$$

$$(ii) \sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

$$(iii) (\sqrt{a} + \sqrt{b})(\sqrt{a} - \sqrt{b}) = a - b \quad (iv) (a + \sqrt{b})(a - \sqrt{b}) = a^2 - b$$

$$(v) (\sqrt{a} + \sqrt{b})^2 = a + 2\sqrt{ab} + b$$

8.  $\frac{1}{\sqrt{a} + b}$  యొక్క హాన్సి అకరణీయం చేయుటకు దీనిని మనం  $\frac{\sqrt{a} - b}{\sqrt{a} - b}$  గుణిస్తాం. ఇక్కడ  $a$  మరియు  $b$  లు పూర్తి సంఖ్యలు.

9.  $a > 0$  ఒక వాస్తవ సంఖ్య మరియు  $p, q$  లు అకరణీయ సంఖ్యలు అయితే

$$(i) a^p \cdot a^q = a^{p+q}$$

$$(ii) (a^p)^q = a^{pq}$$

$$(iii) \frac{a^p}{a^q} = a^{p-q}$$

$$(iv) a^p b^p = (ab)^p$$



## CHAPTER 2

# POLYNOMIALS

### 2.1 Introduction

You have studied algebraic expressions, their addition, subtraction, multiplication and division in earlier classes. You also have studied how to factorise some algebraic expressions. You may recall the algebraic identities :

$$(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$$

$$(x - y)^2 = x^2 - 2xy + y^2$$

and

$$x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$$

and their use in factorisation. In this chapter, we shall start our study with a particular type of algebraic expression, called *polynomial*, and the terminology related to it. We shall also study the *Remainder Theorem* and *Factor Theorem* and their use in the factorisation of polynomials. In addition to the above, we shall study some more algebraic identities and their use in factorisation and in evaluating some given expressions.

### 2.2 Polynomials in One Variable

Let us begin by recalling that a variable is denoted by a symbol that can take any real value. We use the letters  $x, y, z$ , etc. to denote variables. Notice that  $2x, 3x, -x, -\frac{1}{2}x$  are algebraic expressions. All these expressions are of the form (a constant)  $\times$   $x$ . Now suppose we want to write an expression which is (a constant)  $\times$  (a variable) and we do not know what the constant is. In such cases, we write the constant as  $a, b, c$ , etc. So the expression will be  $ax$ , say.

However, there is a difference between a letter denoting a constant and a letter denoting a variable. The values of the constants remain the same throughout a particular situation, that is, the values of the constants do not change in a given problem, but the value of a variable can keep changing.



అధ్యాయం 2

## బహుపదులు

### 2.1 పరిచయం

మీరు క్రింద తరగతులలో బీజీయ సమాసాల గూర్చి వాటి సంకలనం, వ్యవకలనం, గుణకారం, భాగాహరాల గూర్చి చదివారు. కొన్ని బీజీయ సమాసాల కారణాంక విభజన కూడా నేర్చుకున్నారు. కొన్ని బీజీయ సర్వసమీకరణాలను గుర్తుకు తెచ్చుకోవచ్చు.

$$(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$$

$$(x - y)^2 = x^2 - 2xy + y^2$$

మరియు

$$x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$$

మరియు వాటి ఉపయోగాలను కారణాంక విభజనలో తెలుసుకున్నాం. ఈ అధ్యాయంలో మనం ఒక ప్రశ్నేకమైన బీజీయ సమాసమైన బహుపది, వాటికి సంబంధించిన పదకోశం గూర్చి చర్చిస్తాం. అదేవిధంగా శేష సిద్ధాంతం, కారణాంక సిద్ధాంతాలను మరియు వాటినుపయోగించి బహుపదుల కారణాంక విభజన గురించి నేర్చుకుంటాం. వీటితోపాటుగా, మరికొన్ని బీజీయ సర్వసమీకరణాలు, కారణాంక విభజనలో వాటి ఉపయోగాలు గురించి కూడా నేర్చుకుందాం.

### 2.2 ఏకచరరాశిలో బహుపదులు

ఏ వాస్తవ సంఖ్య అయిన కాగల ఒక సంకేతాన్ని చరరాశి అంటారని మనం గుర్తుకు తెచ్చుకుందాం. చరరాశిని సాధారణంగా  $x, y, z$  మొదలైన అక్షరాలతో సూచిస్తారు.  $2x, 3x, -x, -\frac{1}{2}x$  వంటివి బీజీయ సమాసాలని గుర్తించండి. ఇవన్నీ కూడా ఒక ( $\text{స్థిరరాశి}$ )  $\times x$  రూపంలో ఉంటాయి. ఇప్పుడు మనమేదైనా సమాసాన్ని రాయాలంటే ( $\text{స్థిరరాశి}$ )  $\times (\text{చరరాశిగా})$  రాస్తాం. అయితే ఇక్కడ స్థిరరాశి తెలియదు కనుక, స్థిరరాశులను  $a, b, c$  మొదలైనవిగా రాస్తాం మరియు చరరాశిని  $x, y, z$  లు రాస్తాం. అప్పుడు ఆ సమాసం  $ax$  అనుకోండి.

అయితే, స్థిరరాశి, చరరాశులను సూచించే అక్షరాల మధ్య తేడా ఉంటుంది. ఒక స్థిరరాశి విలువ ఒక సందర్భమంతటకీ స్థిరంగా ఉంటుంది. అనగా దాని విలువ ఆ సమస్యలో మార్పు చెందదు, కానీ చరరాశి విలువ మాత్రం మారుతూ ఉంటుంది.

Now, consider a square of side 3 units (see Fig. 2.1). What is its perimeter? You know that the perimeter of a square is the sum of the lengths of its four sides. Here, each side is 3 units. So, its perimeter is  $4 \times 3$ , i.e., 12 units. What will be the perimeter if each side of the square is 10 units? The perimeter is  $4 \times 10$ , i.e., 40 units. In case the length of each side is  $x$  units (see Fig. 2.2), the perimeter is given by  $4x$  units. So, as the length of the side varies, the perimeter varies.

Can you find the area of the square PQRS? It is  $x \times x = x^2$  square units.  $x^2$  is an algebraic expression. You are also familiar with other algebraic expressions like  $2x$ ,  $x^2 + 2x$ ,  $x^3 - x^2 + 4x + 7$ . Note that, all the algebraic expressions we have considered so far have only whole numbers as the exponents of the variable. Expressions of this form are called *polynomials in one variable*. In the examples above, the variable is  $x$ . For instance,  $x^3 - x^2 + 4x + 7$  is a polynomial in  $x$ . Similarly,  $3y^2 + 5y$  is a polynomial in the variable  $y$  and  $t^2 + 4$  is a polynomial in the variable  $t$ .

In the polynomial  $x^2 + 2x$ , the expressions  $x^2$  and  $2x$  are called the **terms** of the polynomial. Similarly, the polynomial  $3y^2 + 5y + 7$  has three terms, namely,  $3y^2$ ,  $5y$  and  $7$ . Can you write the terms of the polynomial  $-x^3 + 4x^2 + 7x - 2$ ? This polynomial has 4 terms, namely,  $-x^3$ ,  $4x^2$ ,  $7x$  and  $-2$ .

Each term of a polynomial has a **coefficient**. So, in  $-x^3 + 4x^2 + 7x - 2$ , the coefficient of  $x^3$  is  $-1$ , the coefficient of  $x^2$  is  $4$ , the coefficient of  $x$  is  $7$  and  $-2$  is the coefficient of  $x^0$  (Remember,  $x^0 = 1$ ). Do you know the coefficient of  $x$  in  $x^2 - x + 7$ ? It is  $-1$ .

$2$  is also a polynomial. In fact,  $2$ ,  $-5$ ,  $7$ , etc. are examples of *constant polynomials*. The constant polynomial  $0$  is called the **zero polynomial**. This plays a very important role in the collection of all polynomials, as you will see in the higher classes.

Now, consider algebraic expressions such as  $x + \frac{1}{x}$ ,  $\sqrt{x} + 3$  and  $\sqrt[3]{y} + y^2$ . Do you know that you can write  $x + \frac{1}{x} = x + x^{-1}$ ? Here, the exponent of the second term, i.e.,  $x^{-1}$  is  $-1$ , which is not a whole number. So, this algebraic expression is not a polynomial.

Again,  $\sqrt{x} + 3$  can be written as  $x^{\frac{1}{2}} + 3$ . Here the exponent of  $x$  is  $\frac{1}{2}$ , which is not a whole number. So, is  $\sqrt{x} + 3$  a polynomial? No, it is not. What about  $\sqrt[3]{y} + y^2$ ? It is also not a polynomial (Why?).

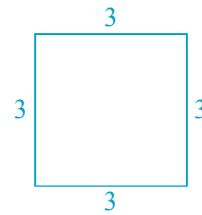


Fig. 2.1

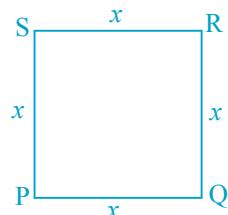
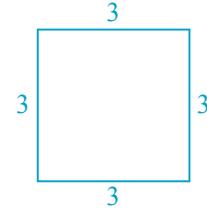


Fig. 2.2

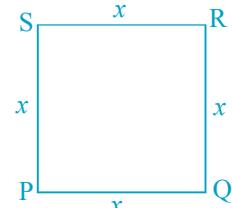
ఇప్పుడు 3 యూనిట్ల భుజంగా గల ఒక చతురస్రం (పటం 2.1) తీసుకోండి. దాని చుట్టూకొలత ఎంత? చతురస్రం యొక్క నాలుగు భుజాల మొత్తం దాని చుట్టూకొలతని మీకు తెలుసు. ఇక్కడ ప్రతీ భుజం 3 యూనిట్ల కనుక దాని చుట్టూకొలత  $4 \times 3$ , అనగా 12 యూనిట్లు. ప్రతీ భుజం 10 యూనిట్లు అయినట్టి చతురస్రం చుట్టూకొలత ఎంత?  $4 \times 10$  యూనిట్లు అనగా 40 యూనిట్లు. ఒకవేళ ప్రతీ భుజం కొలత  $x$  యూనిట్లు అయిన (పటం 2.2), దాని చుట్టూకొలత  $4x$  యూనిట్లు.



పటం 2.1

ఇక్కడ భుజం కొలత మారుతుంటే, దాని చుట్టూకొలత మారుతుంటుంది.

PQRS చతురస్ర వైశాల్యం కనుక్కోగలరా? దీనిని  $x \times x = x^2$  చదరపు యూనిట్లగా తీసుకుంటాం.  $x^2$  అనేది ఒక బీజీయ సమాసం. అలాగే  $2x, x^2 + 2x, x^3 - x^2 + 4x + 7$  వంటివి కూడా బీజీయ సమాసాలని మీకు బాగా తెలుసు. ఇంతవరకు మనం పరిశీలించిన అన్ని బీజీయ సమాసాల్లో చరరాశి ఘూతాలు పూర్ణాంకాలని గమనించండి. ఇటువంటి బీజీయ సమాసాలనే ఏక చరరాశిలో బహుపదులు అంటారు. పై వాటిలో చరరాశి  $x$ . ఇక్కడ  $x$  చరరాశిలో  $x^3 - x^2 + 4x + 7$  ఒక బహుపది. ఇలాగే  $y$  చరరాశిలో  $3y^2 + 5y, t$  చరరాశిలో  $t^2 + 4$  లు కూడా బహుపదులే.



పటం 2.2

$x^2 + 2x$  అనే బహుపదిలో  $x^2$  మరియు  $2x$  లను పదాలు అంటారు. ఇలాగే  $3y^2 + 5y + 7$  అనే బహుపదిలో  $3y^2, 5y$  మరియు 7 అనే మూడు పదాలున్నాయి.  $-x^3 + 4x^2 + 7x - 2$  అనే బహుపదిలోని పదాలను మీరు రాయగలరా? ఈ బహుపదిలో  $-x^3, 4x^2, 7x$  మరియు  $-2$  అనే 4 పదాలు కలవు.

బహుపదిలోని ప్రతీ పదానికి ఒక గుణకం ఉంటుంది. అందువల్ల  $-x^3 + 4x^2 + 7x - 2$  నందు  $x^3$  గుణకం  $-1$   $x^2$  గుణకం  $+4, x$  గుణకం  $7, x^0$  గుణకం  $-2$  అవుతాయి ( $x^0 = 1$  అని గుర్తుకు తెచ్చుకోండి).  $x^2 - x + 7$  నందు  $x$  యొక్క గుణకం ఎంత?  $-1$  అవుతుంది.

2 కూడా ఒక బహుపదే. నిజానికి 2,  $-5, 7\dots$  మొదలైనవి. స్థిర బహుపదులకు ఉండావారణలు. స్థిర బహుపది ‘0’ ను శూన్య బహుపది అంటారు. బహుపదుల సేకరణలో ఇది ప్రముఖ పాత్ర వహిస్తుంది. వీటి గురించి పై తరగతుల్లో నేర్చుకుంటారు.

$$\text{ఇప్పుడు } x + \frac{1}{x}, \sqrt{x} + 3 \text{ మరియు } \sqrt[3]{y} + y \text{ లాంటి బీజీయ సమాసాలను గమనించండి. } x + \frac{1}{x} = x + x^{-1} \text{గా}$$

రాయవచ్చని మీకు తెలుసా? ఇక్కడ రెండో పదం యొక్క ఘూతం అంటే  $x^{-1}$  కు  $-1$  అనేది పూర్ణాంకం కాదు. కావున ఈ సమాసం బహుపది కాదు.

అలాగే  $\sqrt{x} + 3$  ను  $x^{\frac{1}{2}} + 3$  గా రాస్తే, ఇక్కడ  $x$  ఘూతం  $\frac{1}{2}$  కూడా పూర్ణాంకం కాదు. కాబట్టి  $\sqrt{x} + 3$  బహుపది అవుతుందా? కాదు. మరి  $\sqrt[3]{y} + y^2$  గురించి? ఇది కూడా బహుపది కాదు (ఎందుకు?).

If the variable in a polynomial is  $x$ , we may denote the polynomial by  $p(x)$ , or  $q(x)$ , or  $r(x)$ , etc. So, for example, we may write :

$$\begin{aligned} p(x) &= 2x^2 + 5x - 3 \\ q(x) &= x^3 - 1 \\ r(y) &= y^3 + y + 1 \\ s(u) &= 2 - u - u^2 + 6u^5 \end{aligned}$$

A polynomial can have any (finite) number of terms. For instance,  $x^{150} + x^{149} + \dots + x^2 + x + 1$  is a polynomial with 151 terms.

Consider the polynomials  $2x$ ,  $2$ ,  $5x^3$ ,  $-5x^2$ ,  $y$  and  $u^4$ . Do you see that each of these polynomials has only one term? Polynomials having only one term are called *monomials* ('mono' means 'one').

Now observe each of the following polynomials:

$$p(x) = x + 1, \quad q(x) = x^2 - x, \quad r(y) = y^9 + 1, \quad t(u) = u^{15} - u^2$$

How many terms are there in each of these? Each of these polynomials has only two terms. Polynomials having only two terms are called *binomials* ('bi' means 'two').

Similarly, polynomials having only three terms are called *trinomials* ('tri' means 'three'). Some examples of trinomials are

$$\begin{array}{ll} p(x) = x + x^2 + \pi, & q(x) = \sqrt{2} + x - x^2, \\ r(u) = u + u^2 - 2, & t(y) = y^4 + y + 5. \end{array}$$

Now, look at the polynomial  $p(x) = 3x^7 - 4x^6 + x + 9$ . What is the term with the highest power of  $x$ ? It is  $3x^7$ . The exponent of  $x$  in this term is 7. Similarly, in the polynomial  $q(y) = 5y^6 - 4y^2 - 6$ , the term with the highest power of  $y$  is  $5y^6$  and the exponent of  $y$  in this term is 6. We call the highest power of the variable in a polynomial as the *degree of the polynomial*. So, the degree of the polynomial  $3x^7 - 4x^6 + x + 9$  is 7 and the degree of the polynomial  $5y^6 - 4y^2 - 6$  is 6. **The degree of a non-zero constant polynomial is zero.**

**Example 1 :** Find the degree of each of the polynomials given below:

$$(i) x^5 - x^4 + 3 \quad (ii) 2 - y^2 - y^3 + 2y^8 \quad (iii) 2$$

**Solution :** (i) The highest power of the variable is 5. So, the degree of the polynomial is 5.  
(ii) The highest power of the variable is 8. So, the degree of the polynomial is 8.  
(iii) The only term here is 2 which can be written as  $2x^0$ . So the exponent of  $x$  is 0. Therefore, the degree of the polynomial is 0.

$x$  చరరాశిలో గల బహుపదిని  $p(x)$  లేదా  $q(x)$  లేదా  $r(x)$  మొదలగు వాటితో సూచిస్తాం.

$$\begin{aligned}\text{ఉదాహరణకు: } \quad p(x) &= 2x^2 + 5x - 3 \\ q(x) &= x^3 - 1 \\ r(y) &= y^3 + y + 1 \\ s(u) &= 2 - u - u^2 + 6u^5\end{aligned}$$

ఒక బహుపదిలో పరిమిత సంఖ్యలో ఎన్ని పదాలైన ఉండవచ్చు.  $x^{150} + x^{149} + \dots + x^2 + x + 1$  అనే బహుపదిలో 151 పదాలుంటాయి.

$2x, 2, 5x^3, -5x^2, y$  మరియు  $u^4$  బహుపదులను పరిశీలించండి. ప్రతి బహుపదిలో కూడా ఒకే పదం ఉండటం గమనించారా? ఒకే పదాన్ని కలిగియున్న బహుపదులను ఏకపదులు (monomials) అంటారు. (మొనో (mono) అనగా 1 అని అర్థం)

జపుడు క్రింది ప్రతి బహుపదిని గమనించండి:

$$p(x) = x + 1, \quad q(x) = x^2 - x, \quad r(y) = y^9 + 1, \quad t(u) = u^{15} - u^2$$

పై ప్రతి బహుపదిలో ఎన్నోసి పదాలు కలవు? ప్రతి బహుపది రెండేసి పదాలు కల్గియున్నాయి. రెండేసి పదాలు కలిగియున్న బహుపదులను ('ద్వి' అనగా రెండు) ద్విపదులు అంటారు. అదేవిధంగా మూడేసి పదాలు కలిగియున్న బహుపదులను త్రిపదులు అంటారు. ('త్రి' అనగా మూడు). కొన్ని త్రిపదులకు ఉదాహరణలు:

$$\begin{aligned}p(x) &= x + x^2 + \pi, & q(x) &= \sqrt{2} + x - x^2, \\ r(u) &= u + u^2 - 2, & t(y) &= y^4 + y + 5.\end{aligned}$$

జపుడు  $p(x) = 3x^7 - 4x^6 + x + 9$  బహుపది చూడండి.  $x$  యొక్క గరిష్ట ఘూతాన్ని కలిగియున్న పదమేది? అది  $3x^7$ . ఈ పదంలో  $x$  యొక్క ఘూతం 7. అలాగే  $q(y) = 5y^6 - 4y^2 - 6$  నందు  $5y^6$  పదంలో  $y$  యొక్క గరిష్ట ఘూతం 6. ఒక బహుపదిలో చరరాశి యొక్క గరిష్ట ఘూతాన్ని ఆ బహుపది యొక్క పరిమాణం అంటారు. కాబట్టి  $3x^7 - 4x^6 + x + 9$  అనే బహుపది పరిమాణం 7 మరియు  $5y^6 - 4y^2 - 6$  బహుపది పరిమాణం 6 అవుతాయి. ఒక శూన్యేతర ఫీర్ బహుపది యొక్క పరిమాణం సున్నా అవుతుంది.

**ఉదాహరణ 1 :** క్రింది బహుపదుల పరిమాణాలు కనుగొనండి.

$$(i) \ x^5 - x^4 + 3 \quad (ii) \ 2 - y^2 - y^3 + 2y^8 \quad (iii) \ 2$$

**సాధన :** (i) చరరాశి గరిష్ట ఘూతం 5. కావున బహుపది పరిమాణం 5.

(ii) చరరాశి గరిష్ట పరిమాణం 8. కావున బహుపది పరిమాణం 8.

(iii) ఇందులో ఉన్న ఏకైక పదం 2ను  $2x^0$  గా రాయవచ్చు. కాబట్టి  $x$  యొక్క ఘూతం 0. అందువల్ల ఈ బహుపది పరిమాణం '0'.

Now observe the polynomials  $p(x) = 4x + 5$ ,  $q(y) = 2y$ ,  $r(t) = t + \sqrt{2}$  and  $s(u) = 3 - u$ . Do you see anything common among all of them? The degree of each of these polynomials is one. A polynomial of degree one is called a *linear polynomial*. Some more linear polynomials in one variable are  $2x - 1$ ,  $\sqrt{2}y + 1$ ,  $2 - u$ . Now, try and find a linear polynomial in  $x$  with 3 terms? You would not be able to find it because a linear polynomial in  $x$  can have at most two terms. So, any linear polynomial in  $x$  will be of the form  $ax + b$ , where  $a$  and  $b$  are constants and  $a \neq 0$  (why?). Similarly,  $ay + b$  is a linear polynomial in  $y$ .

Now consider the polynomials :

$$2x^2 + 5, \quad 5x^2 + 3x + \pi, \quad x^2 \text{ and } x^2 + \frac{2}{5}x$$

Do you agree that they are all of degree two? A polynomial of degree two is called a *quadratic polynomial*. Some examples of a quadratic polynomial are  $5 - y^2$ ,  $4y + 5y^2$  and  $6 - y - y^2$ . Can you write a quadratic polynomial in one variable with four different terms? You will find that a quadratic polynomial in one variable will have at most 3 terms. If you list a few more quadratic polynomials, you will find that any quadratic polynomial in  $x$  is of the form  $ax^2 + bx + c$ , where  $a \neq 0$  and  $a, b, c$  are constants. Similarly, quadratic polynomial in  $y$  will be of the form  $ay^2 + by + c$ , provided  $a \neq 0$  and  $a, b, c$  are constants.

We call a polynomial of degree three a *cubic polynomial*. Some examples of a cubic polynomial in  $x$  are  $4x^3$ ,  $2x^3 + 1$ ,  $5x^3 + x^2$ ,  $6x^3 - x$ ,  $6 - x^3$ ,  $2x^3 + 4x^2 + 6x + 7$ . How many terms do you think a cubic polynomial in one variable can have? It can have at most 4 terms. These may be written in the form  $ax^3 + bx^2 + cx + d$ , where  $a \neq 0$  and  $a, b, c$  and  $d$  are constants.

Now, that you have seen what a polynomial of degree 1, degree 2, or degree 3 looks like, can you write down a polynomial in one variable of degree  $n$  for any natural number  $n$ ? A polynomial in one variable  $x$  of degree  $n$  is an expression of the form

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$$

where  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  are constants and  $a_n \neq 0$ .

In particular, if  $a_0 = a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0$  (all the constants are zero), we get the **zero polynomial**, which is denoted by 0. What is the degree of the zero polynomial? The degree of the zero polynomial is *not defined*.

So far we have dealt with polynomials in one variable only. We can also have polynomials in more than one variable. For example,  $x^2 + y^2 + xyz$  (where variables are  $x, y$  and  $z$ ) is a polynomial in three variables. Similarly  $p^2 + q^{10} + r$  (where the variables are  $p, q$  and  $r$ ),  $u^3 + v^2$  (where the variables are  $u$  and  $v$ ) are polynomials in three and two variables, respectively. You will be studying such polynomials in detail later.

జపుడు  $p(x) = 4x + 5$ ,  $q(y) = 2y$ ,  $r(t) = t + \sqrt{2}$  మరియు  $s(u) = 3 - u$  బహుపదులను గమనించండి. వీటన్నింటో ఏదైనా సామాన్యత కనిపిస్తుందా? ప్రతి బహుపది పరిమాణం ఒకటి అవుతుంది. ఒకటి పరిమాణం గల బహుపదులను రేఖీయ బహుపదులు అంటారు. మరికొన్ని ఏకచరరాశిలో రేఖీయ బహుపదులు  $2x - 1$ ,  $\sqrt{2}y + 1$ ,  $2 - u$ . జపుడు  $x$  చరరాశితో 3 పదాలున్న రేఖీయ బహుపది కనుకోడానికి ప్రయత్నించండి. అలాంటి బహుపదిని మీరు ప్రాయిలేరు, ఎందుకంటే రేఖీయ బహుపదిలో గరిష్టంగా రెండు పదాలు మాత్రమే ఉంటాయి. అందువల్ల  $x$  చరరాశిలో గల రేఖీయ బహుపది సాధారణంగా,  $ax + b$  రూపంలో ఉంటాయి. ఇక్కడ  $a$  మరియు  $b$  లు స్థిరరాశులు  $a \neq 0$  (ఎందుక?). అలాగే  $ay + b$  అనేది  $y$  లో రేఖీయ బహుపది.

క్రింది బహుపదులు గమనించండి :

$$2x^2 + 5, \quad 5x^2 + 3x + \pi, \quad x^2 \text{ మరియు } x^2 + \frac{2}{5}x$$

పై వన్నింటికి పరిమాణం ‘2’ అగునా? 2వ పరిమాణం బహుపదులను వర్గ బహుపదులు అందురు. వర్గ బహుపదులకు కొన్ని ఉదాహరణలు  $5 - y^2$ ,  $4y + 5y^2$  మరియు  $6 - y - y^2$ . నాలుగు విభిన్న పదాలతో ఏకచరరాశిలో ఒక వర్గ బహుపది ప్రాయగలరా? వర్గ బహుపదిలో గరిష్టంగా 3 పదాలుంటాయని మీరు తెలుసుకుంటారు. మరికొన్ని వర్గ బహుపదులను మీరు గమనించినట్లయితే అవ్స్నే కూడా  $a, b, c$  స్థిరాంకాలకు,  $a \neq 0$  అయినప్పుడు  $ax^2 + bx + c$  రూపంలో ఉంటాయని నిర్ధారించవచ్చు. అదేవిధంగా  $y$  చరరాశిలో వర్గ బహుపది  $a, b, c$  స్థిరాంకాలకు  $a \neq 0$  అయినప్పుడు  $ay^2 + by + c$  రూపంలో ఉంటుంది.

3వ పరిమాణం గల బహుపదిని ఘన బహుపది అంటారు. ఘన బహుపదికి కొన్ని ఉదాహరణలుగా  $4x^3, 2x^3 + 1, 5x^3 + x^2, 6x^3 - x, 6 - x^3, 2x^3 + 4x^2 + 6x + 7$  మొదలగు వాటిని చెప్పుకోవచ్చు. ఏక చరరాశిలో గల ఘన బహుపది ఎన్ని పదాలను కలిగి ఉంటుంది? అందులో గరిష్టంగా 4 పదాలుంటాయి.  $a, b, c, d$  లు స్థిరరాశులు  $a \neq 0$  అయినప్పుడు ఘన బహుపదులను సాధారణంగా  $ax^3 + bx^2 + cx + d$  రూపంలో రాయవచ్చు.

జపుటివరకు 1వ, 2వ, 3వ పరిమాణ బహుపదులు ఎలా ఉంటాయో చూశారు కదా? జపుడు ఏదైనా సహజ సంఖ్య నకు ఏకచరరాశిలో  $n$ వ పరిమాణ బహుపది రాయగలరా? దీన్ని క్రింది రూపంలో రాయవచ్చు.

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$$

ఇక్కడ  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  లు స్థిరరాశులు మరియు  $a_n \neq 0$ .

ఒకవేళ  $a_0 = a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0$  (అన్ని స్థిరరాశులు ‘0’) అయితే అప్పుడు అది శూన్య బహుపది అగును. దీన్ని ‘0’ తో సూచిస్తాం. శూన్యబహుపది పరిమాణం ఎంత? శూన్య బహుపది పరిమాణం నిర్వచించలేం.

జంతవరకు మనం ఏకచరరాశిలో బహుపదుల గూర్చి చర్చించాం. ఒకటి కంటే ఎక్కువ చరరాశుల్లో కూడా బహుపదులను రాయవచ్చు. ఉదాహరణకు  $x^2 + y^2 + xyz$  (ఇక్కడ  $x, y, z$  లు చరరాశులు) అనేది 3 చరరాశుల్లో బహుపది. అదేవిధంగా  $p^2 + q^{10} + r$  ( $p, q, r$  చరరాశులు),  $u^3 + v^2$  ( $u, v$  లు చరరాశులు)లు వరుసగా 3 మరియు 2 చరరాశుల్లో బహుపదులు. వీటి గురించి తర్వాత వివరంగా నేర్చుకుంటారు.

### EXERCISE 2.1

- Which of the following expressions are polynomials in one variable and which are not? State reasons for your answer.  
 (i)  $4x^2 - 3x + 7$  (ii)  $y^2 + \sqrt{2}$  (iii)  $3\sqrt{t} + t\sqrt{2}$  (iv)  $y + \frac{2}{y}$   
 (v)  $x^{10} + y^3 + t^{50}$
- Write the coefficients of  $x^2$  in each of the following:  
 (i)  $2 + x^2 + x$  (ii)  $2 - x^2 + x^3$  (iii)  $\frac{\pi}{2}x^2 + x$  (iv)  $\sqrt{2}x - 1$
- Give one example each of a binomial of degree 35, and of a monomial of degree 100.
- Write the degree of each of the following polynomials:  
 (i)  $5x^3 + 4x^2 + 7x$  (ii)  $4 - y^2$   
 (iii)  $5t - \sqrt{7}$  (iv) 3
- Classify the following as linear, quadratic and cubic polynomials:  
 (i)  $x^2 + x$  (ii)  $x - x^3$  (iii)  $y + y^2 + 4$  (iv)  $1 + x$   
 (v)  $3t$  (vi)  $r^2$  (vii)  $7x^3$

### 2.3 Zeroes of a Polynomial

Consider the polynomial  $p(x) = 5x^3 - 2x^2 + 3x - 2$ .

If we replace  $x$  by 1 everywhere in  $p(x)$ , we get

$$\begin{aligned} p(1) &= 5 \times (1)^3 - 2 \times (1)^2 + 3 \times (1) - 2 \\ &= 5 - 2 + 3 - 2 \\ &= 4 \end{aligned}$$

So, we say that the value of  $p(x)$  at  $x = 1$  is 4.

$$\begin{aligned} \text{Similarly, } p(0) &= 5(0)^3 - 2(0)^2 + 3(0) - 2 \\ &= -2 \end{aligned}$$

Can you find  $p(-1)$ ?

**Example 2 :** Find the value of each of the following polynomials at the indicated value of variables:

- $p(x) = 5x^2 - 3x + 7$  at  $x = 1$ .
- $q(y) = 3y^3 - 4y + \sqrt{11}$  at  $y = 2$ .
- $p(t) = 4t^4 + 5t^3 - t^2 + 6$  at  $t = a$ .

### అభ్యాసం 2.1

1. క్రింది వాటిలో ఏవి ఏకవరరాశిలో బహుపదులు? ఏవి కావు? మీ సమాధానాలకు కారణాలను తెలుపండి.
  - (i)  $4x^2 - 3x + 7$
  - (ii)  $y^2 + \sqrt{2}$
  - (iii)  $3\sqrt{t} + t\sqrt{2}$
  - (iv)  $y + \frac{2}{y}$
  - (v)  $x^{10} + y^3 + t^{50}$
2. క్రింది వాటిలో  $x^2$  గుణకాలను రాయండి.
  - (i)  $2 + x^2 + x$
  - (ii)  $2 - x^2 + x^3$
  - (iii)  $\frac{\pi}{2}x^2 + x$
  - (iv)  $\sqrt{2}x - 1$
3. 35వ పరిమాణం గల ఒక ద్విపది, 100వ పరిమాణం గల ఒక ఏకపదులకు ఉదాహరణలు ఇవ్వండి.
4. క్రింది బహుపదుల పరిమాణాలను రాయండి.
 

(i) $5x^3 + 4x^2 + 7x$	(ii) $4 - y^2$
(iii) $5t - \sqrt{7}$	(iv) 3
5. క్రింది వాటిని రేఖీయ, వర్గ, ఘన బహుపదులుగా వర్గీకరించండి.
 

(i) $x^2 + x$	(ii) $x - x^3$	(iii) $y + y^2 + 4$
(v) $3t$	(vi) $r^2$	(vii) $7x^3$

### 2.3 బహుపది శూన్యాలు

$p(x) = 5x^3 - 2x^2 + 3x - 2$  బహుపదిని తీసుకుండాం. దీనిలో  $x$  బదులు 1ను ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\begin{aligned}
 p(1) &= 5 \times (1)^3 - 2 \times (1)^2 + 3 \times (1) - 2 \\
 &= 5 - 2 + 3 - 2 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

అందువల్ల  $x = 1$  వద్ద  $p(x)$  విలువ 4 అవుతుంది.

$$\begin{aligned}
 \text{అదేవిధంగా, } p(0) &= 5(0)^3 - 2(0)^2 + 3(0) - 2 \\
 &= -2
 \end{aligned}$$

మీరు  $p(-1)$  విలువ కనుగొనగలరా?

**ఉదాహరణ 2:** క్రింది ఇవ్వబడిన బహుపదుల విలువలను ఆయా చరరాశుల వద్ద కనుగొనండి.

- (i)  $x = 1$  వద్ద,  $(x) = 5x^2 - 3x + 7$
- (ii)  $y = 2$  వద్ద,  $q(y) = 3y^3 - 4y + \sqrt{11}$
- (iii)  $t = a$  వద్ద,  $p(t) = 4t^4 + 5t^3 - t^2 + 6$

**Solution :** (i)  $p(x) = 5x^2 - 3x + 7$

The value of the polynomial  $p(x)$  at  $x = 1$  is given by

$$\begin{aligned} p(1) &= 5(1)^2 - 3(1) + 7 \\ &= 5 - 3 + 7 = 9 \end{aligned}$$

(ii)  $q(y) = 3y^3 - 4y + \sqrt{11}$

The value of the polynomial  $q(y)$  at  $y = 2$  is given by

$$q(2) = 3(2)^3 - 4(2) + \sqrt{11} = 24 - 8 + \sqrt{11} = 16 + \sqrt{11}$$

(iii)  $p(t) = 4t^4 + 5t^3 - t^2 + 6$

The value of the polynomial  $p(t)$  at  $t = a$  is given by

$$p(a) = 4a^4 + 5a^3 - a^2 + 6$$

Now, consider the polynomial  $p(x) = x - 1$ .

What is  $p(1)$ ? Note that :  $p(1) = 1 - 1 = 0$ .

As  $p(1) = 0$ , we say that 1 is a *zero* of the polynomial  $p(x)$ .

Similarly, you can check that 2 is a *zero* of  $q(x)$ , where  $q(x) = x - 2$ .

In general, we say that a *zero* of a polynomial  $p(x)$  is a number  $c$  such that  $p(c) = 0$ .

You must have observed that the zero of the polynomial  $x - 1$  is obtained by equating it to 0, i.e.,  $x - 1 = 0$ , which gives  $x = 1$ . We say  $p(x) = 0$  is a polynomial equation and 1 is the *root of the polynomial* equation  $p(x) = 0$ . So we say 1 is the zero of the polynomial  $x - 1$ , or a *root of the polynomial* equation  $x - 1 = 0$ .

Now, consider the constant polynomial 5. Can you tell what its zero is? It has no zero because replacing  $x$  by any number in  $5x^0$  still gives us 5. In fact, a *non-zero constant polynomial has no zero*. What about the zeroes of the zero polynomial? By convention, *every real number is a zero of the zero polynomial*.

**Example 3 :** Check whether  $-2$  and  $2$  are zeroes of the polynomial  $x + 2$ .

**Solution :** Let  $p(x) = x + 2$ .

Then  $p(2) = 2 + 2 = 4, p(-2) = -2 + 2 = 0$

Therefore,  $-2$  is a zero of the polynomial  $x + 2$ , but  $2$  is not.

**Example 4 :** Find a zero of the polynomial  $p(x) = 2x + 1$ .

**Solution :** Finding a zero of  $p(x)$ , is the same as solving the equation

$$p(x) = 0$$

**సాధన :** (i)  $p(x) = 5x^2 - 3x + 7$

దత్తాంశాన్ని అనుసరించి  $x = 1$  వద్ద, బహుపది  $p(x)$  విలువ

$$\begin{aligned} p(1) &= 5(1)^2 - 3(1) + 7 \\ &= 5 - 3 + 7 = 9 \end{aligned}$$

(ii)  $q(y) = 3y^3 - 4y + \sqrt{11}$

$y = 2$  వద్ద,  $q(y)$  విలువ

$$q(2) = 3(2)^3 - 4(2) + \sqrt{11} = 24 - 8 + \sqrt{11} = 16 + \sqrt{11}$$

(iii)  $p(t) = 4t^4 + 5t^3 - t^2 + 6$

$t = a$  వద్ద,  $p(t)$  విలువ

$$p(a) = 4a^4 + 5a^3 - a^2 + 6$$

ఇప్పుడు  $p(x) = x - 1$  అనే బహుపది గమనించండి.

$p(1)$  విలువ ఎంత?  $p(1) = 1 - 1 = 0$  అని గమనించండి.  $p(1) = 0$  అయినందున 1 అనేది బహుపది  $p(x)$  శూన్య విలువ అంటాం.

అదేవిధంగా,  $q(x) = x - 2$  యొక్క శూన్య విలువ 2 అవుతుందని చెప్పగలవు.

సాధారణంగా,  $p(x) = 0$  అయితే  $c$  ను  $p(x)$  యొక్క శూన్య విలువ అంటారు.

$x - 1$  యొక్క శూన్య విలువ తెలుసుకొనుటకు  $x - 1$  ను 0 కు సమానం చేయడం ద్వారా పొందవచ్చు. అనగా  $x - 1 = 0$  అయిన  $x = 1$ . ఇక్కడ  $p(x) = 0$  ను బహుపది సమీకరణమనీ, 1ను దాని మూలం అని అంటారు. అందువల్ల 1ని  $x - 1$  యొక్క బహుపది శూన్య విలువ లేదా  $x - 1 = 0$  బహుపది సమీకరణం యొక్క మూలం అని అంటారు.

ఇప్పుడు ఒక స్థిర బహుపది 5 తీసుకోండి. దీని యొక్క శూన్య విలువ చెప్పగలరా? దీనికి శూన్య విలువ లేదు. ఎందుకంటే  $x$  ను ఏ విలువతో ప్రతిక్షేపించినా  $5x^0$  విలువ 5 మాత్రమే అగును. నిజానికి, ఏ శూన్యేతర స్థిర బహుపదికైనా శూన్యాలు ఉండవు. మరి శూన్య బహుపది యొక్క శూన్య విలువ ఏమవుతుంది. సాధారణంగా ప్రతీ వాస్తవ సంఖ్య కూడా శూన్య బహుపదికి శూన్య విలువే.

**ఉదాహరణ 3:**  $-2$  మరియు  $2$  లు  $x + 2$  బహుపదికి శూన్య విలువలు అగునేమో సరిచూడండి.

**సాధన :**  $p(x) = x + 2$  అనుకోండి.

$$\text{అప్పుడు } p(2) = 2 + 2 = 4, p(-2) = -2 + 2 = 0$$

$\therefore -2$  అనేది  $x + 2$  బహుపదికి శూన్య విలువ అగును.

**ఉదాహరణ 4 :**  $p(x) = 2x + 1$  యొక్క శూన్య విలువ ఎంత?

**సాధన :**  $p(x) = 0$  ను సాధించినట్టే  $p(x)$  యొక్క శూన్య విలువను కనుగొందాం.

$p(x)$  ను 0 కు సమానం చేయండి.

Now,  $2x + 1 = 0$  gives us  $x = -\frac{1}{2}$

So,  $-\frac{1}{2}$  is a zero of the polynomial  $2x + 1$ .

Now, if  $p(x) = ax + b$ ,  $a \neq 0$ , is a linear polynomial, how can we find a zero of  $p(x)$ ? Example 4 may have given you some idea. Finding a zero of the polynomial  $p(x)$ , amounts to solving the polynomial equation  $p(x) = 0$ .

Now,  $p(x) = 0$  means  $ax + b = 0$ ,  $a \neq 0$

So,  $ax = -b$   
i.e.,  $x = -\frac{b}{a}$ .

So,  $x = -\frac{b}{a}$  is the only zero of  $p(x)$ , i.e., a *linear polynomial has one and only one zero*.

Now we can say that 1 is *the* zero of  $x - 1$ , and  $-2$  is *the* zero of  $x + 2$ .

**Example 5 :** Verify whether 2 and 0 are zeroes of the polynomial  $x^2 - 2x$ .

**Solution :** Let  $p(x) = x^2 - 2x$

Then  $p(2) = 2^2 - 4 = 4 - 4 = 0$

and  $p(0) = 0 - 0 = 0$

Hence, 2 and 0 are both zeroes of the polynomial  $x^2 - 2x$ .

Let us now list our observations:

- (i) A zero of a polynomial need not be 0.
- (ii) 0 may be a zero of a polynomial.
- (iii) Every linear polynomial has one and only one zero.
- (iv) A polynomial can have more than one zero.

## EXERCISE 2.2

1. Find the value of the polynomial  $5x - 4x^2 + 3$  at
  - (i)  $x = 0$
  - (ii)  $x = -1$
  - (iii)  $x = 2$
2. Find  $p(0)$ ,  $p(1)$  and  $p(2)$  for each of the following polynomials:
  - (i)  $p(y) = y^2 - y + 1$
  - (ii)  $p(t) = 2 + t + 2t^2 - t^3$
  - (iii)  $p(x) = x^3$
  - (iv)  $p(x) = (x - 1)(x + 1)$

జప్పుడు  $2x + 1 = 0$ ,  $x = -\frac{1}{2}$   
 అందువల్ల  $-\frac{1}{2}$  అనేది  $2x + 1$  అనే బహుపది యొక్క శూన్య విలువ.

జప్పుడు  $p(x) = ax + b, a \neq 0$  అనే రేఖీయ బహుపది యొక్క శూన్య విలువ ఎలా కనుగొంటావు? ఉదాహరణకు 4 ద్వారా  
 కొంత అవగాహన అయ్యే ఉంటుంది. బహుపది  $p(x)$  కు శూన్య విలువ కనుగొనడం అంటే  $p(x) = 0$  సమీకరణం  
 సాధించడమని ఆర్థం.

జప్పుడు  $p(x) = 0$  అనగా  $ax + b = 0, a \neq 0$

$$\begin{array}{ll} \text{కాబట్టి} & ax = -b \\ \text{అంటే} & x = -\frac{b}{a} \end{array}$$

అందువల్ల,  $p(x)$  యొక్క శూన్య విలువ  $-\frac{b}{a}$  మాత్రమే. అనగా ఒక రేఖీయ బహుపదికి ఒకే ఒక శూన్య విలువ ఉంటుంది.

**ఉదాహరణ 5 :** 2 మరియు 0 లు,  $x^2 - 2x$  బహుపదికి శూన్య విలువలు అగునా?

**సాధన :**  $p(x) = x^2 - 2x$  అనుకోండి

$$\text{అప్పుడు, } p(2) = 2^2 - 4 = 4 - 4 = 0$$

$$\text{మరియు } p(0) = 0 - 0 = 0$$

అందువల్ల,  $x^2 - 2x$  కు 2 మరియు 0 లు శూన్య విలువలు

ఇంతవరకు మనం పరిశీలించిన అంశాలు :

- (i) శూన్య బహుపది యొక్క శూన్య విలువ సున్నా కానక్కరేదు.
- (ii) ఒక బహుపది శూన్య విలువ 0 కూడా కావచ్చు.
- (iii) ప్రతీ రేఖీయ బహుపదికి ఒకే ఒక శూన్య విలువ ఉంటుంది.
- (iv) ఒక బహుపదికి ఒకటి కంటే ఎక్కువ శూన్య విలువలు ఉండవచ్చు.

## అభ్యాసం 2.2

1. క్రింది విలువల వద్ద  $5x - 4x^2 + 3$  బహుపది విలువలను కనుగొనండి.

$$(i) x = 0 \quad (ii) x = -1 \quad (iii) x = 2$$

2. క్రింది ప్రతీ బహుపదికి  $p(0), p(1)$  మరియు  $p(2)$  విలువలు కనుగొనండి.

$$(i) p(y) = y^2 - y + 1 \quad (ii) p(t) = 2 + t + 2t^2 - t^3$$

$$(iii) p(x) = x^3 \quad (iv) p(x) = (x - 1)(x + 1)$$

3. Verify whether the following are zeroes of the polynomial, indicated against them.

(i)  $p(x) = 3x + 1, x = -\frac{1}{3}$

(ii)  $p(x) = 5x - \pi, x = \frac{4}{5}$

(iii)  $p(x) = x^2 - 1, x = 1, -1$

(iv)  $p(x) = (x + 1)(x - 2), x = -1, 2$

(v)  $p(x) = x^2, x = 0$

(vi)  $p(x) = lx + m, x = -\frac{m}{l}$

(vii)  $p(x) = 3x^2 - 1, x = -\frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{2}{\sqrt{3}}$

(viii)  $p(x) = 2x + 1, x = \frac{1}{2}$

4. Find the zero of the polynomial in each of the following cases:

(i)  $p(x) = x + 5$

(ii)  $p(x) = x - 5$

(iii)  $p(x) = 2x + 5$

(iv)  $p(x) = 3x - 2$

(v)  $p(x) = 3x$

(vi)  $p(x) = ax, a \neq 0$

(vii)  $p(x) = cx + d, c \neq 0, c, d$  are real numbers.

## 2.4 Factorisation of Polynomials

Let us now look at the situation of Example 10 above more closely. It tells us that since the remainder,  $q\left(-\frac{1}{2}\right) = 0$ ,  $(2t + 1)$  is a factor of  $q(t)$ , i.e.,  $q(t) = (2t + 1)g(t)$

for some polynomial  $g(t)$ . This is a particular case of the following theorem.

**Factor Theorem :** If  $p(x)$  is a polynomial of degree  $n \geq 1$  and  $a$  is any real number, then

(i)  $x - a$  is a factor of  $p(x)$ , if  $p(a) = 0$ , and (ii)  $p(a) = 0$ , if  $x - a$  is a factor of  $p(x)$ .

**Proof:** By the Remainder Theorem,  $p(x) = (x - a)q(x) + p(a)$ .

(i) If  $p(a) = 0$ , then  $p(x) = (x - a)q(x)$ , which shows that  $x - a$  is a factor of  $p(x)$ .

(ii) Since  $x - a$  is a factor of  $p(x)$ ,  $p(x) = (x - a)g(x)$  for same polynomial  $g(x)$ . In this case,

$$p(a) = (a - a)g(a) = 0.$$

**Example 6 :** Examine whether  $x + 2$  is a factor of  $x^3 + 3x^2 + 5x + 6$  and of  $2x + 4$ .

**Solution :** The zero of  $x + 2$  is  $-2$ . Let  $p(x) = x^3 + 3x^2 + 5x + 6$  and  $s(x) = 2x + 4$

$$\begin{aligned} \text{Then, } p(-2) &= (-2)^3 + 3(-2)^2 + 5(-2) + 6 \\ &= -8 + 12 - 10 + 6 \\ &= 0 \end{aligned}$$

So, by the Factor Theorem,  $x + 2$  is a factor of  $x^3 + 3x^2 + 5x + 6$ .

3. క్రింది బహుపదులకు ఎదురుగా ఇచ్చిన విలువలు వాటి శూన్యాలవుతాయేమో సరిచూడండి.

- |  |   |
|--|---|
| (i) $p(x) = 3x + 1, x = -\frac{1}{3}$                                | (ii) $p(x) = 5x - \pi, x = \frac{4}{5}$ |
| (iii) $p(x) = x^2 - 1, x = 1, -1$                                    | (iv) $p(x) = (x + 1)(x - 2), x = -1, 2$ |
| (v) $p(x) = x^2, x = 0$  | (vi) $p(x) = lx + m, x = -\frac{m}{l}$  |
| (vii) $p(x) = 3x^2 - 1, x = -\frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{2}{\sqrt{3}}$ | (viii) $p(x) = 2x + 1, x = \frac{1}{2}$ |

4. క్రింది బహుపదుల శూన్య విలువలు కనుకోండి.

- |   |                     |                            |
|---|---------------------|----------------------------|
| (i) $p(x) = x + 5$                                      | (ii) $p(x) = x - 5$ | (iii) $p(x) = 2x + 5$      |
| (iv) $p(x) = 3x - 2$                                    | (v) $p(x) = 3x$     | (vi) $p(x) = ax, a \neq 0$ |
| (vii) $p(x) = cx + d, c \neq 0, c, d$ లు వాస్తవసంఖ్యలు. |                     |                            |

## 2.4 బహుపదుల కారణాంక విభజన

పై ఉదాహరణ 10 లో గల సందర్భాన్ని నునిశితంగా పరిశీలించాం. ఇది, శేషం  $q\left(-\frac{1}{2}\right) = 0$  అగుట వలన  $(2t + 1)$  అనేది  $q(t)$  కు కారణాంకమవుతుంది. అనగా  $q(t) = (2t + 1)g(t)$ ,  $g(t)$  అనేది ఒక బహుపది. ఇది క్రింది సిద్ధాంతానికి ఒక ప్రత్యేక సందర్భం.

**కారణాంక సిద్ధాంతం :** బహుపది పరిమాణం  $n \geq 1$  గా గల బహుపది  $p(x)$  మరియు  $a$  ఏదేని వాస్తవసంఖ్య అయినపుడు (i)  $p(a) = 0$  అయిన  $(x - a)$  అనేది  $p(x)$ కు కారణాంకం అవుతుంది. మరియు (ii)  $(x - a)$  అనేది  $p(x)$  కు కారణాంకం అయిన  $p(a) = 0$  అవుతుంది.

**నిరూపణ :** శేష సిద్ధాంతం ప్రకారం  $p(x) = (x - a)q(x) + p(a)$

- $p(a) = 0$  అయిన సందర్భంలో  $p(x) = (x - a)q(x)$  దీనిని బట్టి  $p(x)$ కు  $x - a$  ఒక కారణాంకం అవుతుంది.
- ఇదేవిధంగా  $x - a$  అనేది  $p(x)$  కు కారణాంకం కావున  $p(x) = (x - a)g(x)$  సత్యమవుతుంది.  $g(x)$  అనేది ఒక బహుపది.  $\therefore p(a) = (a - a)g(a) = 0$ .

**ఉదాహరణ 6 :**  $x + 2$  అనేది  $x^3 + 3x^2 + 5x + 6$  మరియు  $2x + 4$  లకు కారణాంకం అవుతుందా?

**సాధన :**  $x + 2$  యొక్క శూన్య విలువ  $-2$ .  $p(x) = x^3 + 3x^2 + 5x + 6$  మరియు  $s(x) = 2x + 4$  అనుకోండి.

$$p(-2) = (-2)^3 + 3(-2)^2 + 5(-2) + 6$$

$$= -8 + 12 - 10 + 6$$

$$\text{ఆప్యుడు,} \quad = 0$$

కావున, కారణాంక సిద్ధాంతం ప్రకారం ఇచ్చిన బహుపది  $x^3 + 3x^2 + 5x + 6$ కు  $x + 2$  కారణాంకం అవుతుంది.

Again,  $s(-2) = 2(-2) + 4 = 0$

So,  $x + 2$  is a factor of  $2x + 4$ . In fact, you can check this without applying the Factor Theorem, since  $2x + 4 = 2(x + 2)$ .

**Example 7 :** Find the value of  $k$ , if  $x - 1$  is a factor of  $4x^3 + 3x^2 - 4x + k$ .

**Solution :** As  $x - 1$  is a factor of  $p(x) = 4x^3 + 3x^2 - 4x + k$ ,  $p(1) = 0$

Now,

$$p(1) = 4(1)^3 + 3(1)^2 - 4(1) + k$$

So,

$$4 + 3 - 4 + k = 0$$

i.e.,

$$k = -3$$

We will now use the Factor Theorem to factorise some polynomials of degree 2 and 3. You are already familiar with the factorisation of a quadratic polynomial like  $x^2 + lx + m$ . You had factorised it by splitting the middle term  $lx$  as  $ax + bx$  so that  $ab = m$ . Then  $x^2 + lx + m = (x + a)(x + b)$ . We shall now try to factorise quadratic polynomials of the type  $ax^2 + bx + c$ , where  $a \neq 0$  and  $a, b, c$  are constants.

Factorisation of the polynomial  $ax^2 + bx + c$  by **splitting the middle term** is as follows:

Let its factors be  $(px + q)$  and  $(rx + s)$ . Then  $\frac{3x^2}{x} = 3x$  = first term of quotient

$$ax^2 + bx + c = (px + q)(rx + s) = pr x^2 + (ps + qr)x + qs$$

Comparing the coefficients of  $x^2$ , we get  $a = pr$ .

Similarly, comparing the coefficients of  $x$ , we get  $b = ps + qr$ .

And, on comparing the constant terms, we get  $c = qs$ .

This shows us that  $b$  is the sum of two numbers  $ps$  and  $qr$ , whose product is  $(ps)(qr) = (pr)(qs) = ac$ .

Therefore, to factorise  $ax^2 + bx + c$ , we have to write  $b$  as the sum of two numbers whose product is  $ac$ . This will be clear from Example 13.

**Example 8 :** Factorise  $6x^2 + 17x + 5$  by splitting the middle term, and by using the Factor Theorem.

**Solution 1 :** (By splitting method) : If we can find two numbers  $p$  and  $q$  such that  $p + q = 17$  and  $pq = 6 \times 5 = 30$ , then we can get the factors.

So, let us look for the pairs of factors of 30. Some are 1 and 30, 2 and 15, 3 and 10, 5 and 6. Of these pairs, 2 and 15 will give us  $p + q = 17$ .

మరల,

$$s(-2) = 2(-2) + 4 = 0$$

అలాగే  $(x + 2)$  అనేది  $2x + 4$  కు కారణంకం అవుతుంది. ఎందుకంటే  $2x + 4 = 2(x + 2)$  అవుతుంది. దీని ప్రకారం కారణంక సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించకుండానే  $x + 2$  కారణంకం అని చెప్పవచ్చు.

**ఉదాహరణ 7 :**  $4x^3 + 3x^2 - 4x + k$  అనే బహుపదికి  $(x - 1)$  కారణంకమైతే  $k$  విలువ కనుక్కోండి.

**సాధన :**  $(x - 1)$  అనేది  $p(x) = 4x^3 + 3x^2 - 4x + k$  బహుపదికి కారణంకం,  $p(1) = 0$

ఇప్పుడు,

$$p(1) = 4(1)^3 + 3(1)^2 - 4(1) + k$$

కాబట్టి,

$$4 + 3 - 4 + k = 0$$

అనగా.,

$$k = -3$$

ఇప్పుడు కారణంక సిద్ధాంతం అనుసరించి పరిమాణం 2 మరియు 3 గల బహుపదులను కారణంకాలుగా విడగొట్టవచ్చు.  $x^2 + lx + m$  వంటి వర్గబహుపదులను కారణంక విభజన చేయడం మనకు తెలిసిన విషయమే. అయితే మధ్యపదమైన  $lx$  ను  $ax + bx$  వంటి రెండు పదాల కలయికగా విడదీస్తూ,  $ab = m$  అయ్యేట్లు కారణంక విభజన చేస్తాం. అప్పుడు  $x^2 + lx + m = (x + a)(x + b)$  ఇప్పుడు  $ax^2 + bx + c$  అనే వర్గ బహుపదిని కారణంక విభజన చేద్దాం. ఇక్కడ  $a \neq 0$  మరియు  $a, b, c$  లు స్థిరాంకాలు.

మధ్యపదాన్ని విభజించడం ద్వారా బహుపది  $ax^2 + bx + c$  యొక్క కారణంక విభజన క్రింది విధంగా ఉంటుంది.

ఈ వర్గ బహుపదికి  $(px + q)$  మరియు  $(rx + s)$  అనేవి కారణంకాలు అనుకుండాం.

$$\text{కావున } ax^2 + bx + c = (px + q)(rx + s) = pr x^2 + (ps + qr)x + qs$$

$x^2$  గుణకాలను పోల్చగా మనకు

$$a = pr$$

ఇదేవిధంగా,  $x$  గుణకాలను పోల్చగా, మనకు

$$b = ps + qr$$

స్థిర పదాలను పోల్చగా

$$c = qs \text{ అని వస్తాయి.}$$

దీని నుండి మనకు గుణకం  $b$  అనేది  $ps$  మరియు  $qr$  ల యొత్తం అని తెలుస్తుంది. వీటి లభ్యం  $(ps)(qr) = (pr)(qs) = ac$  అని రాయవచ్చు.

దీనిని బట్టి  $ax^2 + bx + c$  వర్గబహుపది కారణంక విభజనలో  $b$  అనేది రెండు సంఖ్యల యొత్తం అని, వాటి లభ్యం  $ac$  అని తెలుస్తుంది. ఇది తరువాత వచ్చే ఉదాహరణ 18లో తెలుస్తుంది.

**ఉదాహరణ 8 :**  $6x^2 + 17x + 5$  మధ్యపదం విడదీసి కారణంక సిద్ధాంతం ప్రకారం కారణంకాలుగా విడదీయండి.

**సాధన 1:** (మధ్యపదం విడదీయుట ద్వారా) :  $p, q$ లు అనేవి రెండుసంఖ్యలు మరియు  $p + q = 17$  మరియు  $pq = 6 \times 5 = 30$  కారణంకాలను పొందుతాం.

30 లభ్యంగా రాయగలిగే కారణంకాల జతలను పరిశీలిస్తే  $(1,30), (2,15), (3,10) (5,6)$  జతలలో  $(2,15)$  జత  $p + q = 17$ ను తృప్తి పరుస్తుంది.

$$\begin{aligned}
 \text{So, } 6x^2 + 17x + 5 &= 6x^2 + (2 + 15)x + 5 \\
 &= 6x^2 + 2x + 15x + 5 \\
 &= 2x(3x + 1) + 5(3x + 1) \\
 &= (3x + 1)(2x + 5)
 \end{aligned}$$

**Solution 2 :** (Using the Factor Theorem)

$6x^2 + 17x + 5 = 6\left(x^2 + \frac{17}{6}x + \frac{5}{6}\right) = 6p(x)$ , say. If  $a$  and  $b$  are the zeroes of  $p(x)$ , then  $6x^2 + 17x + 5 = 6(x - a)(x - b)$ . So,  $ab = \frac{5}{6}$ . Let us look at some possibilities for  $a$  and  $b$ .

They could be  $\pm\frac{1}{2}, \pm\frac{1}{3}, \pm\frac{5}{3}, \pm\frac{5}{2}, \pm 1$ . Now,  $p\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{4} + \frac{17}{6}\left(\frac{1}{2}\right) + \frac{5}{6} \neq 0$ . But

$p\left(\frac{-1}{3}\right) = 0$ . So,  $\left(x + \frac{1}{3}\right)$  is a factor of  $p(x)$ . Similarly, by trial, you can find that  $\left(x + \frac{5}{2}\right)$  is a factor of  $p(x)$ .

$$\begin{aligned}
 \text{Therefore, } 6x^2 + 17x + 5 &= 6\left(x + \frac{1}{3}\right)\left(x + \frac{5}{2}\right) \\
 &= 6\left(\frac{3x + 1}{3}\right)\left(\frac{2x + 5}{2}\right) \\
 &= (3x + 1)(2x + 5)
 \end{aligned}$$

For the example above, the use of the splitting method appears more efficient. However, let us consider another example.

**Example 9 :** Factorise  $y^2 - 5y + 6$  by using the Factor Theorem.

**Solution :** Let  $p(y) = y^2 - 5y + 6$ . Now, if  $p(y) = (y - a)(y - b)$ , you know that the constant term will be  $ab$ . So,  $ab = 6$ . So, to look for the factors of  $p(y)$ , we look at the factors of 6.

The factors of 6 are 1, 2 and 3.

$$\text{Now, } p(2) = 2^2 - (5 \times 2) + 6 = 0$$

So,  $y - 2$  is a factor of  $p(y)$ .

$$\begin{aligned}
 \text{కావున } 6x^2 + 17x + 5 &= 6x^2 + (2 + 15)x + 5 \\
 &= 6x^2 + 2x + 15x + 5 \\
 &= 2x(3x + 1) + 5(3x + 1) \\
 &= (3x + 1)(2x + 5)
 \end{aligned}$$

**సాధన 2 :** (కారణాంక సిద్ధాంతం ప్రకారం)

$$6x^2 + 17x + 5 = 6\left(x^2 + \frac{17}{6}x + \frac{5}{6}\right) = 6p(x) \text{ అనుకోండి. ఒకవేళ } a, b \text{ లు } p(x) \text{ యొక్క శూన్య విలువలు}$$

అయితే  $6x^2 + 17x + 5 = 6(x - a)(x - b)$ . కాబట్టి  $ab = \frac{5}{6}$ .  $a, b$  లకు సాధ్యమయ్యే వాటిని పరిశీలించగా,

అవి  $\pm \frac{1}{2}, \pm \frac{1}{3}, \pm \frac{5}{3}, \pm \frac{5}{2}, \pm 1$ గా ఉంటాయి. ఇప్పుడు  $p\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{4} + \frac{17}{6}\left(\frac{1}{2}\right) + \frac{5}{6} \neq 0$ . కానీ

$p\left(\frac{-1}{3}\right) = 0$ , కావున,  $\left(x + \frac{1}{3}\right)$  అనేది  $p(x)$  కు కారణాంకం అవుతుంది. ఇదేవిధంగా  $\left(x + \frac{5}{2}\right)$  కూడా

కారణాంకమవుతుంది.

$$\begin{aligned}
 \text{అందువలన, } 6x^2 + 17x + 5 &= 6\left(x + \frac{1}{3}\right)\left(x + \frac{5}{2}\right) \\
 &= 6\left(\frac{3x + 1}{3}\right)\left(\frac{2x + 5}{2}\right) \\
 &= (3x + 1)(2x + 5)
 \end{aligned}$$

పై ఉదాహరణలు బట్టి మర్యాదలు విడదీసే పద్ధతి అనుపైవనది అని చెప్పాలి. ఇంకొక ఉదాహరణ చూద్దాం.

**ఉదాహరణ 9 :**  $y^2 - 5y + 6$  ను కారణాంక సిద్ధాంతం ప్రకారం కారణాంక విభజన చేయండి.

**సాధన :**  $p(y) = y^2 - 5y + 6$ . ఇప్పుడు  $p(y) = (y - a)(y - b)$  అనుకుంటే  $ab = 6$  అగును.  $p(y)$ కు కారణాంకాలు కనుగొనే క్రమంలో 6కు కారణాంకాలు చూద్దాం.

6 కారణాంకాలు 1, 2, 3 మరియు 6.

$$\text{ఇప్పుడు } p(2) = 2^2 - (5 \times 2) + 6 = 0$$

కావున  $(y - 2)$  అనేది  $p(y)$  కు కారణాంకం అవుతుంది.

Also,  $p(3) = 3^2 - (5 \times 3) + 6 = 0$

So,  $y - 3$  is also a factor of  $y^2 - 5y + 6$ .

Therefore,  $y^2 - 5y + 6 = (y - 2)(y - 3)$

Note that  $y^2 - 5y + 6$  can also be factorised by splitting the middle term  $-5y$ .

Now, let us consider factorising cubic polynomials. Here, the splitting method will not be appropriate to start with. We need to find at least one factor first, as you will see in the following example.

**Example 10 :** Factorise  $x^3 - 23x^2 + 142x - 120$ .

**Solution :** Let  $p(x) = x^3 - 23x^2 + 142x - 120$

We shall now look for all the factors of  $-120$ . Some of these are  $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \pm 5, \pm 6, \pm 8, \pm 10, \pm 12, \pm 15, \pm 20, \pm 24, \pm 30, \pm 60$ .

By trial, we find that  $p(1) = 0$ . So  $x - 1$  is a factor of  $p(x)$ .

Now we see that  $x^3 - 23x^2 + 142x - 120 = x^3 - x^2 - 22x^2 + 22x + 120x - 120$

$$\begin{aligned} &= x^2(x - 1) - 22x(x - 1) + 120(x - 1) \quad (\text{Why?}) \\ &= (x - 1)(x^2 - 22x + 120) \quad [\text{Taking } (x - 1) \text{ common}] \end{aligned}$$

We could have also got this by dividing  $p(x)$  by  $x - 1$ .

Now  $x^2 - 22x + 120$  can be factorised either by splitting the middle term or by using the Factor theorem. By splitting the middle term, we have:

$$\begin{aligned} x^2 - 22x + 120 &= x^2 - 12x - 10x + 120 \\ &= x(x - 12) - 10(x - 12) \\ &= (x - 12)(x - 10) \end{aligned}$$

So,  $x^3 - 23x^2 + 142x - 120 = (x - 1)(x - 10)(x - 12)$

### EXERCISE 2.3

1. Determine which of the following polynomials has  $(x + 1)$  a factor :

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| (i) $x^3 + x^2 + x + 1$           | (ii) $x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$                |
| (iii) $x^4 + 3x^3 + 3x^2 + x + 1$ | (iv) $x^3 - x^2 - (2 + \sqrt{2})x + \sqrt{2}$ |

2. Use the Factor Theorem to determine whether  $g(x)$  is a factor of  $p(x)$  in each of the following cases:

- (i)  $p(x) = 2x^3 + x^2 - 2x - 1, g(x) = x + 1$

$$\text{అలాగే, } p(3) = 3^2 - (5 \times 3) + 6 = 0$$

కావున  $(y - 3)$  అనేది కూడా  $y^2 - 5y + 6$  కు కారణాంకం అవుతుంది.

$$\text{అందువలన, } y^2 - 5y + 6 = (y - 2)(y - 3)$$

మధ్యపదం  $-5y$ ని విభజించడం ద్వారా కూడా  $y^2 - 5y + 6$ ని కూడా కారణాంక విభజన చేయవచ్చని గమనించండి.

$y^2 - 5y + 6$  లో మధ్య పదం  $-5y$  విడదీయడం ద్వారా కారణాంక విభజన జరిగింది అనేది మనం గుర్తించుకోవాలి. ఇప్పుడు, ఘన బహుపదులను కారణాంకాలుగా విభజించుట గూర్చి తెలుసుకుండాం. ఇక్కడ, మధ్యపదాన్ని విడదీసే పద్ధతి అనుకూలమైనది కాదు. ముందుగా దానికొక కారణాంకం కనుగొనాలి. దీనిని క్రింది ఉదాహరణలో చూడండి.

**ఉదాహరణ 10 :**  $x^3 - 23x^2 + 142x - 120$  ను కారణాంకాలుగా విభజించండి.

**సాధన :**  $p(x) = x^3 - 23x^2 + 142x - 120$  అనుకోండి.

$-120$  యొక్క కారణాంకాలు అన్నింటిని పరిశీలిస్తే అవి  $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \pm 5, \pm 6, \pm 8, \pm 10, \pm 12, \pm 15, \pm 20, \pm 24, \pm 30, \pm 60$ .

వీటితో ప్రయత్నిస్తే,  $p(1) = 0$  అవుతుంది. కావున  $(x - 1)$  అనేది  $p(x)$  కు కారణాంకమవుతుంది.

$$\text{ఇప్పుడు } x^3 - 23x^2 + 142x - 120 = x^3 - x^2 - 22x^2 + 22x + 120x - 120$$

$$= x^2(x - 1) - 22x(x - 1) + 120(x - 1) \quad (\text{ఎందుకు?})$$

$$= (x - 1)(x^2 - 22x + 120) \quad (x - 1 \text{ను ఉమ్మడిగా తీసుకుంటూ)$$

అలాగే  $p(x)$  ను  $x - 1$  చే భాగించినప్పుడు కూడా దీనిని పొందవచ్చును.  $x^2 - 22x + 120$ .

ఇప్పుడు  $x^2 - 22x + 120$  ను మధ్యపదాన్ని విడదీయడం ద్వారా గాని లేదా కారణాంకాల సిద్ధాంతం ద్వారా కారణాంకాలుగా విభజించవచ్చును.

$$\begin{aligned} x^2 - 22x + 120 &= x^2 - 12x - 10x + 120 \\ &= x(x - 12) - 10(x - 12) \\ &= (x - 12)(x - 10) \end{aligned}$$

$$\text{కావున, } x^3 - 23x^2 + 142x - 120 = (x - 1)(x - 10)(x - 12)$$

### అభ్యాసం 2.3

1. క్రింది బహుపదులకు  $(x + 1)$  కారణాంకమగునో లేదో నిర్ధారించండి?

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| (i) $x^3 + x^2 + x + 1$           | (ii) $x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$                |
| (iii) $x^4 + 3x^3 + 3x^2 + x + 1$ | (iv) $x^3 - x^2 - (2 + \sqrt{2})x + \sqrt{2}$ |

2. కారణాంక సిద్ధాంతం ఉపయోగించి క్రింది బహుపదులలో ప్రతీ సందర్భంలోనూ  $p(x)$  కు  $g(x)$  కారణాంకమగునో లేదో తెలుపండి.

$$(i) p(x) = 2x^3 + x^2 - 2x - 1, g(x) = x + 1$$

(ii)  $p(x) = x^3 + 3x^2 + 3x + 1$ ,  $g(x) = x + 2$

(iii)  $p(x) = x^3 - 4x^2 + x + 6$ ,  $g(x) = x - 3$

**3.** Find the value of  $k$ , if  $x - 1$  is a factor of  $p(x)$  in each of the following cases:

(i)  $p(x) = x^2 + x + k$

(ii)  $p(x) = 2x^2 + kx + \sqrt{2}$

(iii)  $p(x) = kx^2 - \sqrt{2}x + 1$

(iv)  $p(x) = kx^2 - 3x + k$

**4.** Factorise :

(i)  $12x^2 - 7x + 1$

(ii)  $2x^2 + 7x + 3$

(iii)  $6x^2 + 5x - 6$

(iv)  $3x^2 - x - 4$

**5.** Factorise :

(i)  $x^3 - 2x^2 - x + 2$

(ii)  $x^3 - 3x^2 - 9x - 5$

(iii)  $x^3 + 13x^2 + 32x + 20$

(iv)  $2y^3 + y^2 - 2y - 1$

## 2.5 Algebraic Identities

From your earlier classes, you may recall that an algebraic identity is an algebraic equation that is true for all values of the variables occurring in it. You have studied the following algebraic identities in earlier classes:

**Identity I :**  $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$

**Identity II :**  $(x - y)^2 = x^2 - 2xy + y^2$

**Identity III:**  $x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$

**Identity IV:**  $(x + a)(x + b) = x^2 + (a + b)x + ab$

You must have also used some of these algebraic identities to factorise the algebraic expressions. You can also see their utility in computations.

**Example 11 :** Find the following products using appropriate identities:

(i)  $(x + 3)(x + 3)$  (ii)  $(x - 3)(x + 5)$

**Solution :** (i) Here we can use Identity I :  $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$ . Putting  $y = 3$  in it, we get

$$\begin{aligned}(x + 3)(x + 3) &= (x + 3)^2 = x^2 + 2(x)(3) + (3)^2 \\ &= x^2 + 6x + 9\end{aligned}$$

(ii) Using Identity IV above, i.e.,  $(x + a)(x + b) = x^2 + (a + b)x + ab$ , we have

$$\begin{aligned}(x - 3)(x + 5) &= x^2 + (-3 + 5)x + (-3)(5) \\ &= x^2 + 2x - 15\end{aligned}$$

(ii)  $p(x) = x^3 + 3x^2 + 3x + 1, g(x) = x + 2$

(iii)  $p(x) = x^3 - 4x^2 + x + 6, g(x) = x - 3$

3. క్రింది బహువదులలో, ప్రతి సందర్భంలోనూ  $p(x)$  కు  $x - 1$  కారణంకష్టమైతే  $k$  విలువ కనుగొనండి.

(i)  $p(x) = x^2 + x + k$  (ii)  $p(x) = 2x^2 + kx + \sqrt{2}$

(iii)  $p(x) = kx^2 - \sqrt{2}x + 1$  (iv)  $p(x) = kx^2 - 3x + k$

4. కారణంకాలుగా విభజించండి.

(i)  $12x^2 - 7x + 1$  (ii)  $2x^2 + 7x + 3$

(iii)  $6x^2 + 5x - 6$  (iv)  $3x^2 - x - 4$

5. కారణంకాలుగా విభజించండి.

(i)  $x^3 - 2x^2 - x + 2$  (ii)  $x^3 - 3x^2 - 9x - 5$

(iii)  $x^3 + 13x^2 + 32x + 20$  (iv)  $2y^3 + y^2 - 2y - 1$

## 2.5 బీజగణిత సర్వసమీకరణాలు

ఒక బీజగణిత సర్వసమీకరణంలో గల చరరాశులకు ఏ విలువలు ప్రతిక్షేపించిననూ ఎల్లావేళలా సత్యమయ్యే దానిని సర్వసమీకరణం అంటారని గుర్తుకు తెచ్చుకోండి. మీరు క్రింది తరగతులలో ఈ క్రింది బీజగణిత సర్వసమీకరణాలు నేర్చుకున్నారు.

**సర్వసమీకరణ I** :  $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$

**సర్వసమీకరణ II** :  $(x - y)^2 = x^2 - 2xy + y^2$

**సర్వసమీకరణ III** :  $x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$

**సర్వసమీకరణ IV** :  $(x + a)(x + b) = x^2 + (a + b)x + ab$

బీజీయ సమాసాలను కారణంక విభజన చేయుటలో సర్వసమీకరణాలు ఉపయోగపడతాయి. ఇటువంటి కొన్ని ఉదాహరణలు పరిశీలించాలి.

**ఉదాహరణ 11 :** క్రింది వాటికి సర్వసమీకరణాలను ఉపయోగించి లబ్ధాలు కనుగొనండి.

(i)  $(x + 3)(x + 3)$  (ii)  $(x - 3)(x + 5)$

**సాధన :** (i) ఇచ్చట, సర్వసమీకరణ I  $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$  ని ఉపయోగిస్తాం. ఇందులో  $y = 3$  తీసుకుంటే

$$\begin{aligned}(x + 3)(x + 3) &= (x + 3)^2 = x^2 + 2(x)(3) + (3)^2 \\ &= x^2 + 6x + 9\end{aligned}$$

(ii) ఇచ్చట సర్వసమీకరణ IV ని ఉపయోగించి  $(x + a)(x + b) = x^2 + (a + b)x + ab$  ని ఉపయోగిస్తే

$$\begin{aligned}\text{ఇప్పుడు } (x - 3)(x + 5) &= x^2 + (-3 + 5)x + (-3)(5) \\ &= x^2 + 2x - 15\end{aligned}$$

**Example 12 :** Evaluate  $105 \times 106$  without multiplying directly.

**Solution :**  $105 \times 106 = (100 + 5) \times (100 + 6)$

$$\begin{aligned} &= (100)^2 + (5 + 6)(100) + (5 \times 6), \text{ using Identity IV} \\ &= 10000 + 1100 + 30 \\ &= 11130 \end{aligned}$$

You have seen some uses of the identities listed above in finding the product of some given expressions. These identities are useful in factorisation of algebraic expressions also, as you can see in the following examples.

**Example 13 :** Factorise:

$$(i) 49a^2 + 70ab + 25b^2 \quad (ii) \frac{25}{4}x^2 - \frac{y^2}{9}$$

**Solution :** (i) Here you can see that

$$49a^2 = (7a)^2, 25b^2 = (5b)^2, 70ab = 2(7a)(5b)$$

Comparing the given expression with  $x^2 + 2xy + y^2$ , we observe that  $x = 7a$  and  $y = 5b$ .

Using Identity I, we get

$$49a^2 + 70ab + 25b^2 = (7a + 5b)^2 = (7a + 5b)(7a + 5b)$$

(ii) We have  $\frac{25}{4}x^2 - \frac{y^2}{9} = \left(\frac{5}{2}x\right)^2 - \left(\frac{y}{3}\right)^2$

Now comparing it with Identity III, we get

$$\begin{aligned} \frac{25}{4}x^2 - \frac{y^2}{9} &= \left(\frac{5}{2}x\right)^2 - \left(\frac{y}{3}\right)^2 \\ &= \left(\frac{5}{2}x + \frac{y}{3}\right)\left(\frac{5}{2}x - \frac{y}{3}\right) \end{aligned}$$

So far, all our identities involved products of binomials. Let us now extend the Identity I to a trinomial  $x + y + z$ . We shall compute  $(x + y + z)^2$  by using Identity I.

Let  $x + y = t$ . Then,

$$\begin{aligned} (x + y + z)^2 &= (t + z)^2 \\ &= t^2 + 2tz + z^2 && \text{(Using Identity I)} \\ &= (x + y)^2 + 2(x + y)z + z^2 && \text{(Substituting the value of } t\text{)} \end{aligned}$$

**ఉదాహరణ 12 :** గుణకారం చేయకుండానే  $105 \times 106$  యొక్క లబ్దాన్ని కనుగొనండి.

**సాధన :**

$$\begin{aligned} 105 \times 106 &= (100 + 5) \times (100 + 6) \\ &= (100)^2 + (5 + 6)(100) + (5 \times 6), (\text{సర్వసమీకరణం IV ను ఉపయోగించి}) \\ &= 10000 + 1100 + 30 \\ &= 11130 \end{aligned}$$

ఇంతవరకూ మనం వాడిన సర్వసమీకరణాలు కై లబ్దాలను కనుగొనుటలో సహాయపడ్డాయి. ఇప్పుడు క్రింది ఉదాహరణలో బీజీయ సమాసాలను కారణాంక విభజన చేయడానికి సర్వసమీకరణాలను ఉపయోగించవచ్చు. దానిని మీరు క్రింది ఉదాహరణలలో గమనించవచ్చు.

**ఉదాహరణ 13 :** ఈ క్రింది కారణాంకాలుగా విభజించండి.

$$(i) 49a^2 + 70ab + 25b^2 \quad (ii) \frac{25}{4}x^2 - \frac{y^2}{9}$$

**సాధన :** (i) ఇక్కడ

$$49a^2 = (7a)^2, 25b^2 = (5b)^2, 70ab = 2(7a)(5b)$$

దీనిని

$$x^2 + 2xy + y^2 \text{ తో పోల్చగా } x = 7a \text{ మరియు } y = 5b \text{ అవుతుంది.}$$

సర్వసమీకరణం I ప్రకారం

$$49a^2 + 70ab + 25b^2 = (7a + 5b)^2 = (7a + 5b)(7a + 5b)$$

$$(ii) \frac{25}{4}x^2 - \frac{y^2}{9} = \left(\frac{5}{2}x\right)^2 - \left(\frac{y}{3}\right)^2$$

దీనిని సర్వసమీకరణం III తో పోల్చగా

$$\begin{aligned} \frac{25}{4}x^2 - \frac{y^2}{9} &= \left(\frac{5}{2}x\right)^2 - \left(\frac{y}{3}\right)^2 \\ &= \left(\frac{5}{2}x + \frac{y}{3}\right)\left(\frac{5}{2}x - \frac{y}{3}\right) \end{aligned}$$

ఇప్పటివరకు మనం వాడిన సర్వసమీకరణాలన్నియూ, ద్విపదుల లబ్దాలకు సంబంధించినవి. ఇప్పుడు మనం మొదటి సర్వసమీకరణాన్ని ఉపయోగించి, త్రిపది  $x + y + z$  యొక్క వర్గం,  $(x + y + z)^2$  ని గణించాం.

$$x + y = t \text{ అఱువు}$$

$$\begin{aligned} (x + y + z)^2 &= (t + z)^2 \\ &= t^2 + 2tz + z^2 && (\text{మొదటి సర్వసమీకరణం}) \\ &= (x + y)^2 + 2(x + y)z + z^2 && (t \text{ విలువ ప్రతిక్రీపించగా) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= x^2 + 2xy + y^2 + 2xz + 2yz + z^2 \quad (\text{Using Identity I}) \\
 &= x^2 + y^2 + z^2 + 2xy + 2yz + 2zx \quad (\text{Rearranging the terms})
 \end{aligned}$$

So, we get the following identity:

**Identity V :**  $(x + y + z)^2 = x^2 + y^2 + z^2 + 2xy + 2yz + 2zx$

**Remark :** We call the right hand side expression **the expanded form** of the left hand side expression. Note that the expansion of  $(x + y + z)^2$  consists of three square terms and three product terms.

**Example 14 :** Write  $(3a + 4b + 5c)^2$  in expanded form.

**Solution :** Comparing the given expression with  $(x + y + z)^2$ , we find that

$$x = 3a, y = 4b \text{ and } z = 5c.$$

Therefore, using Identity V, we have

$$\begin{aligned}
 (3a + 4b + 5c)^2 &= (3a)^2 + (4b)^2 + (5c)^2 + 2(3a)(4b) + 2(4b)(5c) + 2(5c)(3a) \\
 &= 9a^2 + 16b^2 + 25c^2 + 24ab + 40bc + 30ac
 \end{aligned}$$

**Example 15 :** Expand  $(4a - 2b - 3c)^2$ .

**Solution :** Using Identity V, we have

$$\begin{aligned}
 (4a - 2b - 3c)^2 &= [4a + (-2b) + (-3c)]^2 \\
 &= (4a)^2 + (-2b)^2 + (-3c)^2 + 2(4a)(-2b) + 2(-2b)(-3c) + 2(-3c)(4a) \\
 &= 16a^2 + 4b^2 + 9c^2 - 16ab + 12bc - 24ac
 \end{aligned}$$

**Example 16 :** Factorise  $4x^2 + y^2 + z^2 - 4xy - 2yz + 4xz$ .

$$\begin{aligned}
 \text{Solution :} \quad \text{We have } 4x^2 + y^2 + z^2 - 4xy - 2yz + 4xz &= (2x)^2 + (-y)^2 + (z)^2 + 2(2x)(-y) \\
 &\quad + 2(-y)(z) + 2(2x)(z) \\
 &= [2x + (-y) + z]^2 \quad (\text{Using Identity V}) \\
 &= (2x - y + z)^2 = (2x - y + z)(2x - y + z)
 \end{aligned}$$

So far, we have dealt with identities involving second degree terms. Now let us extend Identity I to compute  $(x + y)^3$ . We have:

$$\begin{aligned}
 (x + y)^3 &= (x + y)(x + y)^2 \\
 &= (x + y)(x^2 + 2xy + y^2) \\
 &= x(x^2 + 2xy + y^2) + y(x^2 + 2xy + y^2) \\
 &= x^3 + 2x^2y + xy^2 + x^2y + 2xy^2 + y^3 \\
 &= x^3 + 3x^2y + 3xy^2 + y^3 \\
 &= x^3 + y^3 + 3xy(x + y)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= x^2 + 2xy + y^2 + 2xz + 2yz + z^2 \quad (\text{సర్వసమీకరణం I ని ఉపయోగించి}) \\
 &= x^2 + y^2 + z^2 + 2xy + 2yz + 2zx \quad (\text{పదాల క్రమం మార్చి రాయగా})
 \end{aligned}$$

కావున, సర్వసమీకరణం ఇలా రాయవచ్చు.

**సర్వసమీకరణం V :**  $(x + y + z)^2 = x^2 + y^2 + z^2 + 2xy + 2yz + 2zx$

**వివరణ :** కుడివైపు ఉన్న సమాసాన్ని, ఎడమవైపున వున్న సమాసం యొక్క విస్తరణ రూపంగా చెప్పవచ్చు.  $(x + y + z)^2$  అనేది మూడు వర్గ పదాలను మరియు మూడు లభ్య పదాలను కలిగి ఉంటుంది.

**ఉదాహరణ 14 :**  $(3a + 4b + 5c)^2$  ను విస్తరణ రూపంలో రాయండి.

**సాధన :** ఇచ్చిన సమాసంను  $(x + y + z)^2$  తో పోల్చుగా మనకు

$$x = 3a, y = 4b, z = 5c \text{ వస్తాయి.}$$

సర్వసమీకరణం V ప్రకారం

$$\begin{aligned}
 (3a + 4b + 5c)^2 &= (3a)^2 + (4b)^2 + (5c)^2 + 2(3a)(4b) + 2(4b)(5c) + 2(5c)(3a) \\
 &= 9a^2 + 16b^2 + 25c^2 + 24ab + 40bc + 30ac
 \end{aligned}$$

**ఉదాహరణ 15:**  $(4a - 2b - 3c)^2$  ను విస్తరించండి.

**సాధన :** సర్వసమీకరణం V ప్రకారం,

$$\begin{aligned}
 (4a - 2b - 3c)^2 &= [4a + (-2b) + (-3c)]^2 \\
 &= (4a)^2 + (-2b)^2 + (-3c)^2 + 2(4a)(-2b) + 2(-2b)(-3c) + 2(-3c)(4a) \\
 &= 16a^2 + 4b^2 + 9c^2 - 16ab + 12bc - 24ac
 \end{aligned}$$

**ఉదాహరణ 16 :**  $4x^2 + y^2 + z^2 - 4xy - 2yz + 4xz$  ను కారణాంకాలుగా విభజించండి.

$$\begin{aligned}
 \text{సాధన : } 4x^2 + y^2 + z^2 - 4xy - 2yz + 4xz &= (2x)^2 + (-y)^2 + (z)^2 + 2(2x)(-y) \\
 &\quad + 2(-y)(z) + 2(2x)(z) \\
 &= [2x + (-y) + z]^2 \quad (\text{సర్వసమీకరణం V ని ఉపయోగించి}) \\
 &= (2x - y + z)^2 = (2x - y + z)(2x - y + z)
 \end{aligned}$$

మనం ఇంతవరకు దెండవ పరిమాణ పదాలతో కూడియున్న సర్వసమీకరణాలను చర్చించాం. ఇప్పుడు మనం సర్వసమీకరణం I ని వినియోగించి  $(x + y)^3$  విస్తరణ చేండాం. మనకు

$$\begin{aligned}
 (x + y)^3 &= (x + y)(x + y)^2 \\
 &= (x + y)(x^2 + 2xy + y^2) \\
 &= x(x^2 + 2xy + y^2) + y(x^2 + 2xy + y^2) \\
 &= x^3 + 2x^2y + xy^2 + x^2y + 2xy^2 + y^3 \\
 &= x^3 + 3x^2y + 3xy^2 + y^3 \\
 &= x^3 + y^3 + 3xy(x + y)
 \end{aligned}$$

So, we get the following identity:

$$\text{Identity VI : } (x+y)^3 = x^3 + y^3 + 3xy(x+y)$$

Also, by replacing  $y$  by  $-y$  in the Identity VI, we get

$$\begin{aligned}\text{Identity VII : } (x-y)^3 &= x^3 - y^3 - 3xy(x-y) \\ &= x^3 - 3x^2y + 3xy^2 - y^3\end{aligned}$$

**Example 17 :** Write the following cubes in the expanded form:

$$(i) (3a+4b)^3 \quad (ii) (5p-3q)^3$$

**Solution :** (i) Comparing the given expression with  $(x+y)^3$ , we find that

$$x = 3a \text{ and } y = 4b.$$

So, using Identity VI, we have:

$$\begin{aligned}(3a+4b)^3 &= (3a)^3 + (4b)^3 + 3(3a)(4b)(3a+4b) \\ &= 27a^3 + 64b^3 + 108a^2b + 144ab^2\end{aligned}$$

(ii) Comparing the given expression with  $(x-y)^3$ , we find that

$$x = 5p, y = 3q.$$

So, using Identity VII, we have:

$$\begin{aligned}(5p-3q)^3 &= (5p)^3 - (3q)^3 - 3(5p)(3q)(5p-3q) \\ &= 125p^3 - 27q^3 - 225p^2q + 135pq^2\end{aligned}$$

**Example 18 :** Evaluate each of the following using suitable identities:

$$(i) (104)^3 \quad (ii) (999)^3$$

**Solution :** (i) We have

$$\begin{aligned}(104)^3 &= (100+4)^3 \\ &= (100)^3 + (4)^3 + 3(100)(4)(100+4) \\ &\quad \text{(Using Identity VI)} \\ &= 1000000 + 64 + 124800 \\ &= 1124864\end{aligned}$$

(ii) We have

$$\begin{aligned}(999)^3 &= (1000-1)^3 \\ &= (1000)^3 - (1)^3 - 3(1000)(1)(1000-1) \\ &\quad \text{(Using Identity VII)} \\ &= 1000000000 - 1 - 2997000 \\ &= 997002999\end{aligned}$$

కావున, మనం మరొక సర్వసమీకరణాలు ఇలా రాయవచ్చు.

**సర్వసమీకరణం VI :**  $(x + y)^3 = x^3 + y^3 + 3xy(x + y)$

సర్వసమీకరణం VIలో  $y$  స్థానంలో  $-y$ ను ఉంచగా మనం క్రింది సర్వసమీకరణం పొందుతాం.

$$\begin{aligned} \text{సర్వసమీకరణం VII : } & (x-y)^3 = x^3 - y^3 - 3xy(x-y) \\ & = x^3 - 3x^2y + 3xy^2 - y^3 \end{aligned}$$

**ఉదాహరణ 17 :** క్రింది ఘనాలను విస్తరించండి.

$$(i) (3a + 4b)^3 \qquad (ii) (5p - 3q)^3$$

**సాధన :** (i) ఇచ్చిన సమాసాన్ని  $(x + y)^3$  తో పోల్చగా, మనకు

$x = 3a$  మరియు  $y = 4b$  అగును.

## కావున, సర్వసమీకరణం VI ఉపయోగిస్తే

$$(3a + 4b)^3 = (3a)^3 + (4b)^3 + 3(3a)(4b)(3a + 4b)$$

$$= 27a^3 + 64b^3 + 108a^2b + 144ab^2$$

(ii) ఇచ్చిన సమాసాన్ని  $(x - y)^3$  తో పోల్చగా, మనకు

$$x = 5p, \ y = 3q.$$

## ಕಾವನ ಸರ್ವಸಮೀಕರಣಂ VII ಉಪಯೋಗಿಸ್ತು

$$(5p - 3q)^3 = (5p)^3 - (3q)^3 - 3(5p)(3q)(5p - 3q)$$

**ಡಿಂಡಾರಣ 18 :** ಕ್ರಿಂದಿ ವಾನಿನಿ ತಗಿನ ಸರ್ವಸಮೀಕರಣಾಲನು ಉಪಯೋಗಿಗಂಚಿ ಗಣಿಂಚಂಡಿ.

(i)  $(104)^3$       (ii)  $(999)^3$

### సాధన : (i)

$$(104)^3 = (100 + 4)^3$$

$$= (100)^3 + (4)^3 + 3(100)(4)(100 + 4)$$

(సర్వసమీకరణం VIని ఉపయోగించి)

$$= 1000000 + 64 + 124800$$

$$= 1124864$$

(ii)

$$(999)^3 = (1000 - 1)^3$$

$$= (1000)^3 - (1)^3 - 3(1000)(1)(1000 - 1)$$

## (ಸರ್ವಸಮೀಕರಣ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಬಹುದಿದ್ದು)

**Example 19 :** Factorise  $8x^3 + 27y^3 + 36x^2y + 54xy^2$

**Solution :** The given expression can be written as

$$\begin{aligned} & (2x)^3 + (3y)^3 + 3(4x^2)(3y) + 3(2x)(9y^2) \\ &= (2x)^3 + (3y)^3 + 3(2x)^2(3y) + 3(2x)(3y)^2 \\ &= (2x + 3y)^3 \quad (\text{Using Identity VI}) \\ &= (2x + 3y)(2x + 3y)(2x + 3y) \end{aligned}$$

Now consider  $(x + y + z)(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx)$

On expanding, we get the product as

$$\begin{aligned} & x(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx) + y(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx) \\ &+ z(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx) = x^3 + xy^2 + xz^2 - x^2y - xyz - zx^2 + x^2y \\ &+ y^3 + yz^2 - xy^2 - y^2z - xyz + x^2z + y^2z + z^3 - xyz - yz^2 - xz^2 \\ &= x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz \quad (\text{On simplification}) \end{aligned}$$

So, we obtain the following identity:

$$\text{Identity VIII : } x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz = (x + y + z)(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx)$$

**Example 20 :** Factorise :  $8x^3 + y^3 + 27z^3 - 18xyz$

**Solution :** Here, we have

$$\begin{aligned} & 8x^3 + y^3 + 27z^3 - 18xyz \\ &= (2x)^3 + y^3 + (3z)^3 - 3(2x)(y)(3z) \\ &= (2x + y + 3z)[(2x)^2 + y^2 + (3z)^2 - (2x)(y) - (y)(3z) - (2x)(3z)] \\ &= (2x + y + 3z)(4x^2 + y^2 + 9z^2 - 2xy - 3yz - 6xz) \end{aligned}$$

#### EXERCISE 2.4

1. Use suitable identities to find the following products:

$$\begin{array}{lll} \text{(i)} \ (x + 4)(x + 10) & \text{(ii)} \ (x + 8)(x - 10) & \text{(iii)} \ (3x + 4)(3x - 5) \\ \text{(iv)} \ \left(y^2 + \frac{3}{2}\right)\left(y^2 - \frac{3}{2}\right) & \text{(v)} \ (3 - 2x)(3 + 2x) & \end{array}$$

2. Evaluate the following products without multiplying directly:

$$\text{(i)} \ 103 \times 107 \quad \text{(ii)} \ 95 \times 96 \quad \text{(iii)} \ 104 \times 96$$

3. Factorise the following using appropriate identities:

$$\begin{array}{lll} \text{(i)} \ 9x^2 + 6xy + y^2 & \text{(ii)} \ 4y^2 - 4y + 1 & \text{(iii)} \ x^2 - \frac{y^2}{100} \end{array}$$

**ఉదాహరణ 19 :**  $8x^3 + 27y^3 + 36x^2y + 54xy^2$  ను కారణాంకాలుగా విభజించండి.

**సాధన :** ఇచ్చిన సమాసాన్ని ఈ క్రింది విధంగా రాయగా

$$\begin{aligned} &= (2x)^3 + (3y)^3 + 3(4x^2)(3y) + 3(2x)(9y^2) \\ &= (2x)^3 + (3y)^3 + 3(2x)^2(3y) + 3(2x)(3y)^2 \\ &= (2x + 3y)^3 \quad (\text{సర్వసమీకరణం VIను ఉపయోగించి}) \\ &= (2x + 3y)(2x + 3y)(2x + 3y) \end{aligned}$$

ఇప్పుడు  $(x + y + z)(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx)$  తీసుకోండి.

దీనిని విస్తరించగా, ఈ క్రింది లబ్ధాన్ని పొందుతాం.

$$\begin{aligned} &x(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx) + y(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx) \\ &+ z(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx) = x^3 + xy^2 + xz^2 - x^2y - xyz - zx^2 + x^2y \\ &+ y^3 + yz^2 - xy^2 - y^2z - xyz + x^2z + y^2z + z^3 - xyz - yz^2 - xz^2 \\ &= x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz \quad (\text{సూక్ష్మికరించగా}) \end{aligned}$$

కావున, ఈ క్రింది సర్వసమీకరణాలను పొందుతాం.

**సర్వసమీకరణం VIII :**  $x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz = (x + y + z)(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx)$

**ఉదాహరణ 20 :**  $8x^3 + y^3 + 27z^3 - 18xyz$  ను కారణాంకాలుగా విభజించండి.

**సాధన :** ఇవ్వబడిన సమాసం

$$\begin{aligned} &8x^3 + y^3 + 27z^3 - 18xyz \\ &= (2x)^3 + y^3 + (3z)^3 - 3(2x)(y)(3z) \\ &= (2x + y + 3z)[(2x)^2 + y^2 + (3z)^2 - (2x)(y) - (y)(3z) - (2x)(3z)] \\ &= (2x + y + 3z)(4x^2 + y^2 + 9z^2 - 2xy - 3yz - 6xz) \end{aligned}$$

#### అభ్యాసం 2.4

1. క్రింది లబ్ధాలను తగిన సర్వసమీకరణాలను ఉపయోగించి గణించండి.

(i)  $(x + 4)(x + 10)$       (ii)  $(x + 8)(x - 10)$       (iii)  $(3x + 4)(3x - 5)$

(iv)  $(y^2 + \frac{3}{2})(y^2 - \frac{3}{2})$       (v)  $(3 - 2x)(3 + 2x)$

2. గుణకారం చేయకుండానే క్రింది లబ్ధాలను కనుగొనండి.

(i)  $103 \times 107$       (ii)  $95 \times 96$       (iii)  $104 \times 96$

3. సరైన సర్వసమీకరణాలను ఉపయోగించి క్రింది వానిని కారణాంకాలుగా విభజించండి.

(i)  $9x^2 + 6xy + y^2$       (ii)  $4y^2 - 4y + 1$       (iii)  $x^2 - \frac{y^2}{100}$

4. Expand each of the following, using suitable identities:

$$(i) (x + 2y + 4z)^2 \quad (ii) (2x - y + z)^2 \quad (iii) (-2x + 3y + 2z)^2$$

$$(iv) (3a - 7b - c)^2 \quad (v) (-2x + 5y - 3z)^2 \quad (vi) \left[ \frac{1}{4}a - \frac{1}{2}b + 1 \right]^2$$

5. Factorise:

$$(i) 4x^2 + 9y^2 + 16z^2 + 12xy - 24yz - 16xz$$

$$(ii) 2x^2 + y^2 + 8z^2 - 2\sqrt{2}xy + 4\sqrt{2}yz - 8xz$$

6. Write the following cubes in expanded form:

$$(i) (2x + 1)^3 \quad (ii) (2a - 3b)^3 \quad (iii) \left[ \frac{3}{2}x + 1 \right]^3 \quad (iv) \left[ x - \frac{2}{3}y \right]^3$$

7. Evaluate the following using suitable identities:

$$(i) (99)^3 \quad (ii) (102)^3 \quad (iii) (998)^3$$

8. Factorise each of the following:

$$(i) 8a^3 + b^3 + 12a^2b + 6ab^2 \quad (ii) 8a^3 - b^3 - 12a^2b + 6ab^2$$

$$(iii) 27 - 125a^3 - 135a + 225a^2 \quad (iv) 64a^3 - 27b^3 - 144a^2b + 108ab^2$$

$$(v) 27p^3 - \frac{1}{216} - \frac{9}{2}p^2 + \frac{1}{4}p$$

9. Verify : (i)  $x^3 + y^3 = (x + y)(x^2 - xy + y^2)$       (ii)  $x^3 - y^3 = (x - y)(x^2 + xy + y^2)$

10. Factorise each of the following:

$$(i) 27y^3 + 125z^3 \quad (ii) 64m^3 - 343n^3$$

[Hint : See Question 9.]

11. Factorise :  $27x^3 + y^3 + z^3 - 9xyz$

12. Verify that  $x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz = \frac{1}{2}(x + y + z)[(x - y)^2 + (y - z)^2 + (z - x)^2]$

13. If  $x + y + z = 0$ , show that  $x^3 + y^3 + z^3 = 3xyz$ .

14. Without actually calculating the cubes, find the value of each of the following:

$$(i) (-12)^3 + (7)^3 + (5)^3$$

$$(ii) (28)^3 + (-15)^3 + (-13)^3$$

15. Give possible expressions for the length and breadth of each of the following rectangles, in which their areas are given:

Area :  $25a^2 - 35a + 12$

(i)

Area :  $35y^2 + 13y - 12$

(ii)

- 4.** క్రింది వానిని సరైన సర్వసమీకరణాలను ఉపయోగించి విస్తరించండి.
- (i)  $(x + 2y + 4z)^2$       (ii)  $(2x - y + z)^2$       (iii)  $(-2x + 3y + 2z)^2$   
 (iv)  $(3a - 7b - c)^2$       (v)  $(-2x + 5y - 3z)^2$       (vi)  $\left[\frac{1}{4}a - \frac{1}{2}b + 1\right]^2$
- 5.** కారణాంకాలుగా విభజించండి.
- (i)  $4x^2 + 9y^2 + 16z^2 + 12xy - 24yz - 16xz$   
 (ii)  $2x^2 + y^2 + 8z^2 - 2\sqrt{2}xy + 4\sqrt{2}yz - 8xz$
- 6.** క్రింది ఘనాలను విస్తరణరూపంలో రాయండి.
- (i)  $(2x + 1)^3$       (ii)  $(2a - 3b)^3$       (iii)  $\left[\frac{3}{2}x + 1\right]^3$       (iv)  $\left[x - \frac{2}{3}y\right]^3$
- 7.** క్రింది వానిని సరైన సర్వసమీకరణాలను ఉపయోగించి గణించండి:
- (i)  $(99)^3$       (ii)  $(102)^3$       (iii)  $(998)^3$
- 8.** క్రింది వానిని కారణాంకాలుగా విభజించండి:
- (i)  $8a^3 + b^3 + 12a^2b + 6ab^2$       (ii)  $8a^3 - b^3 - 12a^2b + 6ab^2$   
 (iii)  $27 - 125a^3 - 135a + 225a^2$       (iv)  $64a^3 - 27b^3 - 144a^2b + 108ab^2$   
 (v)  $27p^3 - \frac{1}{216} - \frac{9}{2}p^2 + \frac{1}{4}p$
- 9.** సరిచూడండి: (i)  $x^3 + y^3 = (x + y)(x^2 - xy + y^2)$       (ii)  $x^3 - y^3 = (x - y)(x^2 + xy + y^2)$
- 10.** క్రింది వానిని కారణాంకాలుగా విభజించండి:
- (i)  $27y^3 + 125z^3$       (ii)  $64m^3 - 343n^3$
- [సూచన : ప్రత్యేకంగా ప్రత్యేకంగా ప్రత్యేకంగా]
- 11.** కారణాంకాలుగా విభజించండి.:  $27x^3 + y^3 + z^3 - 9xyz$
- 12.**  $x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz = \frac{1}{2}(x + y + z)[(x - y)^2 + (y - z)^2 + (z - x)^2]$  ను సరిచూడండి.
- 13.**  $x + y + z = 0$  అయినా  $x^3 + y^3 + z^3 = 3xyz$  అని చూపండి.
- 14.** వాస్తవ గణన చేయకుండానే క్రింది ఘనాల విలువలను కనుగొనండి.
- (i)  $(-12)^3 + (7)^3 + (5)^3$   
 (ii)  $(28)^3 + (-15)^3 + (-13)^3$
- 15.** క్రింది ఇవ్వబడిన దీర్ఘ చతురస్రాల వైశాల్యం ఆధారంగా వాటి పొడవు, వెడల్పులకు అనువైన సమాసాలను రాయండి.

వైశాల్యం:  $25a^2 - 35a + 12$

వైశాల్యం:  $35y^2 + 13y - 12$

(i)

(ii)

- 16.** What are the possible expressions for the dimensions of the cuboids whose volumes are given below?

Volume :  $3x^2 - 12x$

(i)

Volume :  $12ky^2 + 8ky - 20k$

(ii)

## 2.6 Summary

In this chapter, you have studied the following points:

- A polynomial  $p(x)$  in one variable  $x$  is an algebraic expression in  $x$  of the form  $p(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$ , where  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  are constants and  $a_n \neq 0$ .  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  are respectively the coefficients of  $x^0, x, x^2, \dots, x^n$ , and  $n$  is called the degree of the polynomial. Each of  $a_n x^n, a_{n-1} x^{n-1}, \dots, a_0$ , with  $a_n \neq 0$ , is called a term of the polynomial  $p(x)$ .
- A polynomial of one term is called a monomial.
- A polynomial of two terms is called a binomial.
- A polynomial of three terms is called a trinomial.
- A polynomial of degree one is called a linear polynomial.
- A polynomial of degree two is called a quadratic polynomial.
- A polynomial of degree three is called a cubic polynomial.
- A real number ‘ $a$ ’ is a zero of a polynomial  $p(x)$  if  $p(a) = 0$ . In this case,  $a$  is also called a root of the equation  $p(x) = 0$ .
- Every linear polynomial in one variable has a unique zero, a non-zero constant polynomial has no zero, and every real number is a zero of the zero polynomial.
- Factor Theorem :**  $x - a$  is a factor of the polynomial  $p(x)$ , if  $p(a) = 0$ . Also, if  $x - a$  is a factor of  $p(x)$ , then  $p(a) = 0$ .
- $(x + y + z)^2 = x^2 + y^2 + z^2 + 2xy + 2yz + 2zx$
- $(x + y)^3 = x^3 + y^3 + 3xy(x + y)$
- $(x - y)^3 = x^3 - y^3 - 3xy(x - y)$
- $x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz = (x + y + z)(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx)$

- 16.** క్రింది ఇవ్వబడిన దీర్ఘమునాల ఘనపరిమాణం ఆధారంగా దాని కొలతలకు అనుమతిన సమాసాలను రాయండి.

ఘనపరిమాణం:  $3x^2 - 12x$

(i)

ఘనపరిమాణం :  $12ky^2 + 8ky - 20k$

(ii)

## 2.6 సౌరాంశం :

ఈ అధ్యాయంలో క్రింది విషయాలను నేర్చుకున్నాం.

1. ఏక చరరాశి  $x$  లో  $n$ వ పరిమాణ బహుపది సమాసం  $p(x)$ ,

$$p(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 \text{ రూపంలో ఉంటుంది.}$$

జందులో  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  లు స్థిరాంకాలు,  $a_n \neq 0$

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  లను  $x^0, x, x^2, \dots, x^n$  ల యొక్క గుణకాలంటాం.  $n$  ను బహుపది పరిమాణం అంటాం.

$a_n x^n, a_{n-1} x^{n-1}, \dots, a_0$  లను బహుపది యొక్క పదాలంటాం.

2. ఒకే ఒక పదం గల బహుపదిని ఏకపది అంటాం.

3. రెండు పదాల గల బహుపదిని ద్విపది అంటాం.

4. మూడు పదాల గల బహుపదిని త్రిపది అంటాం.

5. పరిమాణం ఒకటిగా గల బహుపదిని రేఖీయ బహుపది అంటాం.

6. పరిమాణం రెండుగా గల బహుపదిని వర్ణ బహుపది అంటాం.

7. పరిమాణం మూడుగా గల బహుపదిని ఘన బహుపది అంటాం.

8.  $p(x)$  అనే బహుపదికి ఏదైనా వాస్తవ సంఖ్య  $a$ కు  $p(a) = 0$  అయితే  $a$ ను బహుపది  $p(x) = 0$  యొక్క శూన్య విలువ అంటాం.

9. ఏక చరరాశి కలిగిన ప్రతి రేఖీయ బహుపదికి శూన్య విలువ ఏకైకంగా ఉంటుంది. శూన్యేతర స్థిరరాశికి బహుపది శూన్య విలువ నిర్వచించబడదు. శూన్య బహుపదికి ప్రతి వాస్తవసంఖ్య ఒక శూన్యం అవుతుంది.

10. కారణాంక సిద్ధాంతం:  $p(a) = 0$  అయినపుడు  $p(x)$  అనే బహుపది  $x - a$  అనేది కారణాంకమవుతుంది. అలాగే  $p(x)$ కు  $x - a$  ఒక కారణాంకం అయితే  $p(a) = 0$  అవుతుంది.

$$11. (x + y + z)^2 = x^2 + y^2 + z^2 + 2xy + 2yz + 2zx$$

$$12. (x + y)^3 = x^3 + y^3 + 3xy(x + y)$$

$$13. (x - y)^3 = x^3 - y^3 - 3xy(x - y)$$

$$14. x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz = (x + y + z)(x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx)$$



## CHAPTER 3

# COORDINATE GEOMETRY

What's the good of Mercator's North Poles and Equators, Tropics, Zones and Meridian Lines?"

So the Bellman would cry; and crew would reply ' They are merely conventional signs!'

LEWIS CARROLL, *The Hunting of the Snark*

### 3.1 Introduction

You have already studied how to locate a point on a number line. You also know how to describe the position of a point on the line. There are many other situations, in which to find a point we are required to describe its position with reference to more than one line. For example, consider the following situations:

**I.** In Fig. 3.1, there is a main road running in the East-West direction and streets with numbering from West to East. Also, on each street, house numbers are marked. To look for a friend's house here, is it enough to know only one reference point? For instance, if we only know that she lives on Street 2, will we be able to find her house easily? Not as easily as when we know two pieces of information about it, namely, the number of the street on which it is situated, and the house number. If we want to reach the house which is situated in the 2<sup>nd</sup> street and has the number 5, first of all we would identify the 2<sup>nd</sup> street and then the house numbered 5 on it. In Fig. 3.1, H shows the location of the house. Similarly, P shows the location of the house corresponding to Street number 7 and House number 4.

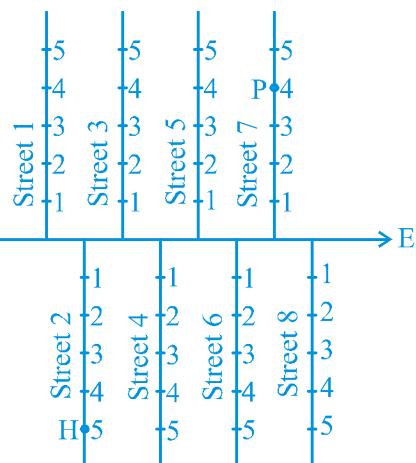


Fig. 3.1



అధ్యాయం 3

## నిరూపక జ్యావిషి

మెర్టేట్ యొక్క ఉత్తర త్రువాలు మరియు భూమద్యరేఖలు, ఉష్ణపదేశాలు, మండలాలు మరియు పెరిడియన్ రేఖల వల్ల ప్రయోజనం ఏమిటి?’ అని బిల్యూన్ అడుగగా సిబ్బంది ‘అవి కేవలం సంప్రదాయ సంకేతాలు!’ అని తెలిపారు.

బాయిస్ కార్ల్, *The Hunting of the Snark*

### 3.1 పరిచయం

ఒక బిందువును సంఖ్యలేఖపై ఎలా సూచించగలమో మనం ఇది వరకే నేర్చుకున్నాము. ఒక రేఖపై బిందువు యొక్క స్థానాన్ని ఎలా వివరించాలో కూడా నేర్చుకున్నారు. ఒక బిందువు యొక్క స్థానాన్ని ఒకటి కన్నా ఎక్కువ రేఖల ఆధారంగా వివరించడానికి అనేక సందర్భాలు ఉన్నాయి. ఉదాహరణకు క్రింది సందర్భాలను పరిశీలించండి.

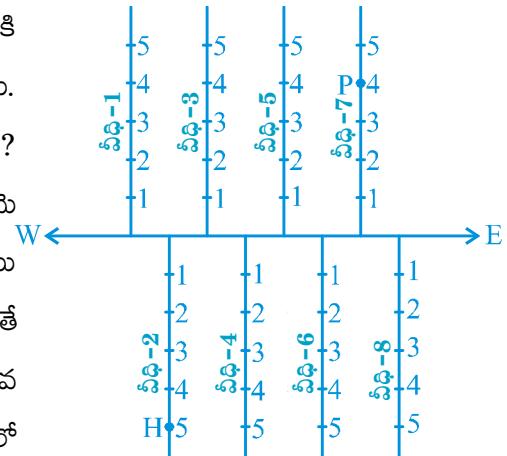
#### I. పటం 3.1 లో చూపిన విధంగా తూర్పు-పడమర దిశలలో ప్రధాన

రహదారి ఏర్పడియున్నది మరియు పడమర నుండి తూర్పుకు ప్రతి వీధికి సంఖ్యలతో గుర్తించారు. అలాగే, వీధిలోని ప్రతీ ఇంటిని సంఖ్యలతో గుర్తించారు. కేవలం ఒక సూచిక ఆధారంగా నీవు నీ స్నేహితురాలి ఇల్లు సూచించగలవా?

ఉదాహరణకు రెండవ వీధిలో నివసిస్తుందని మాత్రమే మనకు తెలిస్తే ఆమె ఇంటిని సులభంగా కనుకోగలమా? ఆమె నివసించే వీధి సంఖ్య మరియు ఇంటి సంఖ్య రెండు విషయాలు తెలిసినపుడు, ఇంటిని కనుగొనేంత సులభమైతే కాదు. రెండవ వీధి ఐదవ సంఖ్య గల ఇంటిని చేరుటకు మొదటగా రెండవ వీధిని గుర్తించి ఆపై అందులోని ఐదవ ఇంటిని గుర్తించగలం. పటం 3.1 లో

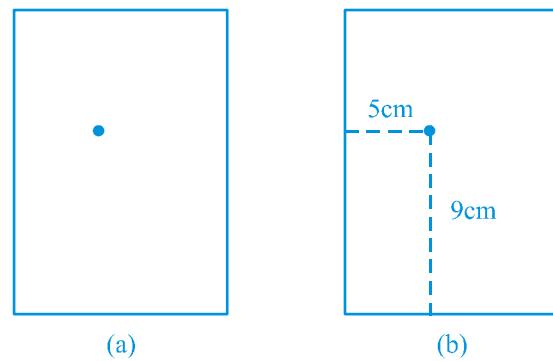
ఆ ఇల్లు H ద్వారా సూచించబడింది. అదే విధంగా

P అనేది 7వ వీధిలో 4వ ఇంటి స్థానాన్ని సూచిస్తుంది.



పటం 3.1

**II.** Suppose you put a dot on a sheet of paper [Fig.3.2 (a)]. If we ask you to tell us the position of the dot on the paper, how will you do this? Perhaps you will try in some such manner: “The dot is in the upper half of the paper”, or “It is near the left edge of the paper”, or “It is very near the left hand upper corner of the sheet”. Do any of these statements fix the position of the dot precisely? No! But, if you say “The dot is nearly 5 cm away from the left edge of the paper”, it helps to give some idea but still does not fix the position of the dot. A little thought might enable you to say that the dot is also at a distance of 9 cm above the bottom line. We now know exactly where the dot is!



**Fig. 3.2**

For this purpose, we fixed the position of the dot by specifying its distances from two fixed lines, the left edge of the paper and the bottom line of the paper [Fig.3.2 (b)]. In other words, we need **two** independent informations for finding the position of the dot.

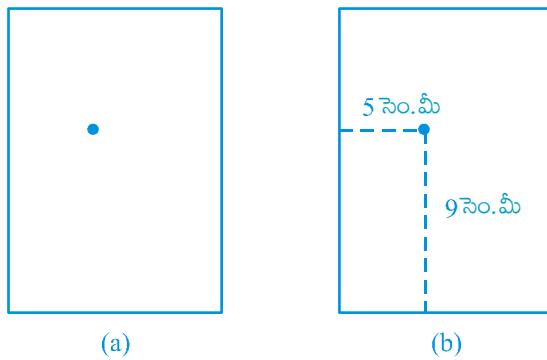
Now, perform the following classroom activity known as ‘Seating Plan’.

**Activity 1 (Seating Plan) :** Draw a plan of the seating in your classroom, pushing all the desks together. Represent each desk by a square. In each square, write the name of the student occupying the desk, which the square represents. Position of each student in the classroom is described precisely by using two independent informations:

- (i) the column in which she or he sits,
- (ii) the row in which she or he sits.

If you are sitting on the desk lying in the 5<sup>th</sup> column and 3<sup>rd</sup> row (represented by the shaded square in Fig. 3.3), your position could be written as (5, 3), first writing the column number, and then the row number. Is this the same as (3, 5)? Write down the names and positions of other students in your class. For example, if Sonia is sitting in the 4<sup>th</sup> column and 1<sup>st</sup> row, write S(4,1). The teacher’s desk is not part of your seating plan. We are treating the teacher just as an observer.

**II.** మీరు కాగితం పై ఒక బిందువును ఉంచారు అనుకుండాం [పటం 3.2 (a)] కాగితం పై ఆ బిందువు యొక్క స్థానాన్ని వివరించమని మిమ్మల్ని అడిగితే మీరు ఎలా వివరిస్తారు? ఒహుశా ఈ క్రింద తెలిపిన విధముగా “బిందువు కాగితపు ఎగువ భాగమన ఉన్నది” లేదా “బిందువు కాగితపు ఎడమ అంచు ఎగువ మూలకు చాలా సమీపాన ఉంది” అని మీరు వివరించవచ్చు. ఈ వాక్యాలు బిందువు యొక్క స్థానాన్ని, ఖచ్చితంగా నిర్దారిస్తాయా? లేదు. ‘బిందువు కాగితం ఎడవ అంచునుంచి రమారమి 5 సెం.మీ. దూరంలో ఉంది’ అని తెలిపినట్లయితే అది బిందువు యొక్క స్థానాన్ని ఊహించడానికి కొంతపరకు దోహదపడుతుంది. కానీ, పూర్తిగా నిర్దారించలేం. బిందువు కాగితపు క్రింది అంచు నుండి 9 సెం.మీ. దూరంలో కూడా ఉంది అనే సూచన దాని స్థానాన్ని తెలుసుకొనే ఏలు కల్పిస్తుంది. ఇప్పుడు బిందువు యొక్క స్థానం మనకు ఖచ్చితంగా తెలుసు.



పటం 3.2

ఈ సమస్యలో, ఒక బిందువు స్థానాన్ని కాగితపు ఎడమ అంచు, కాగితపు క్రింది అంచు అను రెండు స్థిరభేటిలను తీసుకొని పరిష్కరించాం [పటం 3.2 (b)]. లేదా బిందువు స్థానాన్ని కనుగొనుటకు మనకు రెండు స్వతంత్ర నీర్దేశాలు అవసరమవుతాయి.

ఇప్పుడు కూర్చునే క్రమం యొక్క ప్రణాళిక సీటింగ్ ప్లాన్ అను తరగతి గది కృత్యాన్ని చేధ్యాం.

**కృత్యం 1:** (సీటింగ్ ప్లాన్): మీ తరగతి గదిలోని అన్ని బల్లలను కలిపి తరగతి సీటింగ్ ప్లాన్ (కూర్చునే క్రమం యొక్క ప్రణాళిక) గీయండి. ప్రతి బల్లను ఒక చతురస్రంగా భావించండి. ప్రతి చతురస్రపు గదిలో ఆ స్థానంలో కూర్చును విద్యుత్తి పేరును రాయండి. తరగతి గదిలో ప్రతి విద్యుత్తి ఆక్రమించిన స్థానాన్ని ఈ రెండు స్వతంత్ర సూచికల ద్వారా ఖచ్చితంగా వివరించబడుతుంది.

- (i) విద్యుత్తి కూర్చునే నిలువు వరుస
- (ii) విద్యుత్తి కూర్చునే అడ్డు వరుస

పటం 3.2 లో చూపిన విధంగా మీరు 5 వ నిలువు వరుస మరియు 3 వ అడ్డు వరుసలో గల బల్లపై మొదట నిలువు వరుసను ఆపై అడ్డు వరుసను పరిగణనలోనికి తీసుకొని ఉంటే మీరు కూర్చున్న స్థానాన్ని (5,3) గా రాయవచ్చు. ఇది (3,5) నకు సరి అవుతుందా? మీ తరగతి గదిలోని ఇతర విద్యుత్తల పేర్లు మరియు స్థానాలను రాయండి. ఉదాహరణకు సోనియా 4 వ నిలువు వరుస మరియు 1 వ అడ్డు వరుస లో కుర్చుని ఉంటే S (4,1) గా గుర్తించవచ్చు. ఉపాధ్యాయుని బల్ల మీ ప్రణాళికలోని భాగం కాదు. ఈ కృత్యంలో ఉపాధ్యాయుడిని ఒక పరిశేషమనిగా పరిగణించాలి.

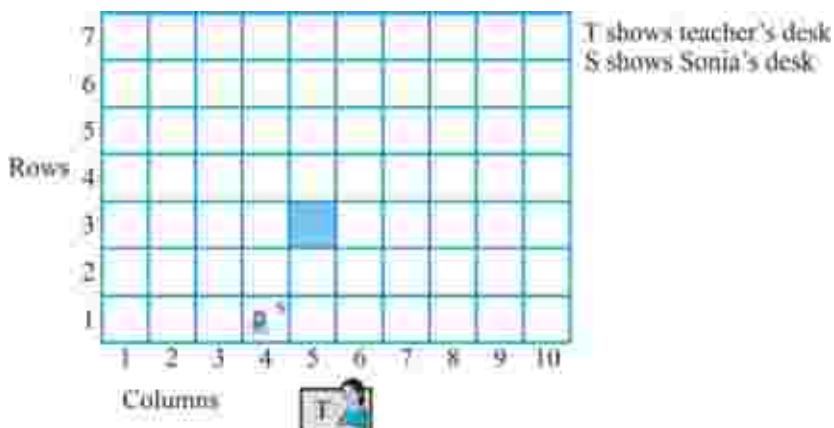


Fig. 3.3

In the discussion above, you observe that position of any object lying in a plane can be represented with the help of two perpendicular lines. In case of ‘dot’, we require distance of the dot from bottom line as well as from left edge of the paper. In case of seating plan, we require the number of the column and that of the row. This simple idea has far reaching consequences, and has given rise to a very important branch of Mathematics known as *Coordinate Geometry*. In this chapter, we aim to introduce some basic concepts of coordinate geometry. You will study more about these in your higher classes. This study was initially developed by the French philosopher and mathematician *René Descartes*.

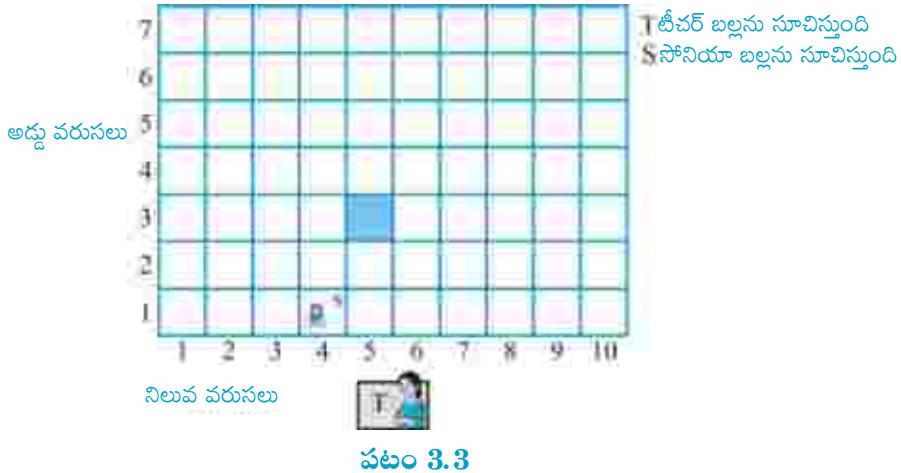
René Descartes, the great French mathematician of the seventeenth century, liked to lie in bed and think! One day, when resting in bed, he solved the problem of describing the position of a point in a plane. His method was a development of the older idea of latitude and longitude. In honour of Descartes, the system used for describing the position of a point in a plane is also known as the *Cartesian system*.



René Descartes (1596 -1650)  
Fig. 3.4

### EXERCISE 3.1

- How will you describe the position of a table lamp on your study table to another person?
- (Street Plan)** : A city has two main roads which cross each other at the centre of the city. These two roads are along the North-South direction and East-West direction. All the other streets of the city run parallel to these roads and are 200 m apart. There are 5 streets in each direction. Using  $1\text{cm} = 200\text{ m}$ , draw a model of the city on your notebook. Represent the roads/streets by single lines.



పై చర్చలో ఒక తలం పైన ఏదేని వస్తువు యొక్క స్థానాన్ని రెండు లంబరేఖల సహాయంతో సూచించగలమని గమనించాం. కాగితంపై ఏర్పరచిన బిందువు గుర్తించుటకు కాగితపు దిగువ అంచు (రేఖ) మరియు ఎడుమ అంచు (రేఖ)నుండి దూరములు అవసరం. సీటింగ్ ప్లాన్ నిర్ణయించటానికి నిలువు వరుస, అడ్డ వరుసలు అవసరమవుతాయి. ఈ సాధారణ ఆలోచన అతి ముఖ్య పరిణామంగా గణితశాస్త్రంలో క్రాత్త శాఖాను “ప్రైథిక రేఖా గణితం / నిరూపక రేఖా గణితం” యొక్క ఆవిర్భావానికి దారి తీసింది. ఈ అధ్యాయంలో నిరూపక జ్యామితి (Co-ordinate Geometry) లోని కొన్ని ప్రాథమిక భావనలను పరిచయం చేయుటను లక్ష్యంగా పెట్టుకున్నాం. వీటిని ఉన్నత తరగతులలో మీరు మరింతగా అధ్యాయంనం చేస్తారు. ప్రాస్ట్సుకు చెందిన గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు, తత్వవేత్త అయిన రెనె డేకార్ట్ (Rene Descartes) మొదటగా నిరూపక జ్యామితిని అభివృద్ధి చేసారు.

17 వ శతాబ్దానికి చెందిన గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు రెనె డేకార్ట్. మంచం మీద వడుకొని ఆలోచించడం అతనికి ఇష్టం. ఒకరోజు విక్రాంతి తీసుకుంటుండగా ఒక విమానంలో ఒక బిందువు యొక్క స్థానాన్ని వివరించే సమయాన్ని పరిష్కరించాడు. ఒక తలంపై గల బిందువు స్థానాన్ని నిర్ణయించే సమస్యలు సాధించాడు. పాత ఆలోచన అయినా అక్షాంశాలు మరియు రేఖాంశాలను అభివృద్ధి చేయడమే అతని పద్ధతి. రెనె డేకార్ట్ గౌరవార్థం తలంపై బిందువు యొక్క స్థానాన్ని వివరించు వ్యవస్థను “కార్టిజియన్ వ్యవస్థ” అని కూడా అంటారు..



రెనె డేకార్ట్ (1596 -1650)

### అభ్యాసం 3.1

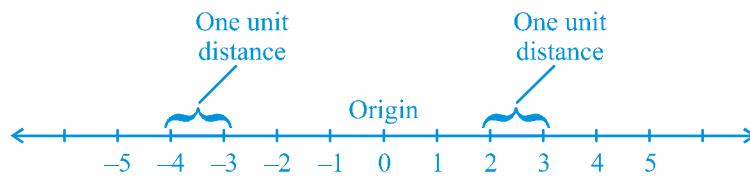
- మీ స్టడీ బేబుల్సైట్ బేబుల్ ల్యాంప్ స్థానాన్ని మీరు మరొకవ్యక్తికి ఎలా వివరిస్తారు?
- (పీధి ప్రణాళిక) : ఒక నగరంలోని రెండు ప్రధాన రహదారులు నగరం మధ్యలో ఒకదానిని ఒకటి కలుస్తాయి. ఈ రెండు రోడ్లు ఉత్తర-దక్షిణ మరియు తూర్పు-పశ్చిమ దిశలో ఉన్నాయి. నగరంలోని అన్ని ఇతర వీధులు ఈ రోడ్లకు సమాంతరంగా 200 మీ. దూరంలో ఉన్నాయి. అక్కడ ప్రతి దిశలో 5 వీధులు ఉన్నాయి. 1 సెం.మీ. 200 మీ. గా పరిగణించి, మీ నోట్సుకు నగరం యొక్క నమూనాను గీయండి. సరళ రేఖల ద్వారా రోడ్లు / వీధులను సూచించండి.

There are many cross-streets in your model. A particular cross-street is made by two streets, one running in the North - South direction and another in the East - West direction. Each cross street is referred to in the following manner : If the 2<sup>nd</sup> street running in the North - South direction and 5<sup>th</sup> in the East - West direction meet at some crossing, then we will call this cross-street (2, 5). Using this convention, find:

- (i) how many cross - streets can be referred to as (4, 3).
- (ii) how many cross - streets can be referred to as (3, 4).

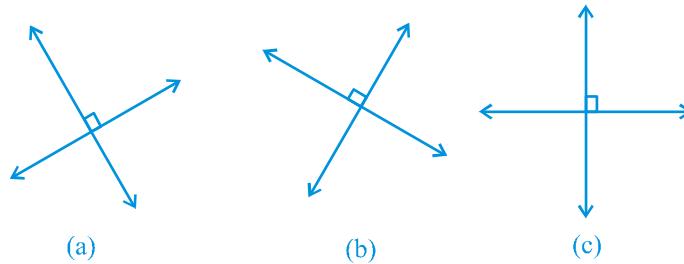
### 3.2 Cartesian System

You have studied the *number line* in the chapter on ‘Number System’. On the number line, distances from a fixed point are marked in equal units positively in one direction and negatively in the other. The point from which the distances are marked is called the *origin*. We use the number line to represent the numbers by marking points on a line at equal distances. If one unit distance represents the number ‘1’, then 3 units distance represents the number ‘3’, ‘0’ being at the origin. The point in the positive direction at a distance  $r$  from the origin represents the number  $r$ . The point in the negative direction at a distance  $r$  from the origin represents the number  $-r$ . Locations of different numbers on the number line are shown in Fig. 3.5.



**Fig. 3.5**

Descartes invented the idea of placing two such lines perpendicular to each other on a plane, and locating points on the plane by referring them to these lines. The perpendicular lines may be in any direction such as in Fig. 3.6. But, when we choose



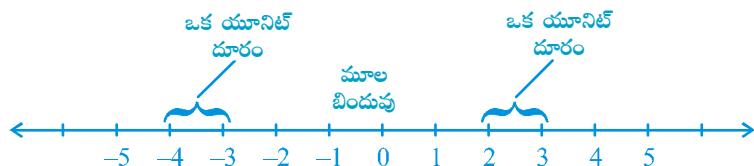
**Fig. 3.6**

మీ సమూనాలో చాలా క్రాన్ ప్రైట్లు (అడ్డ వీధులు) ఉన్నాయి. ఒక నిర్దిష్ట అడ్డ వీధి, ఒకటి ఉత్తర-దక్షిణ దిశ మరియు మరొకటి తూర్పు-పశ్చిమ దిశ ఉన్న రెండు వీధులుగా ఖండించబడుతుంది. ప్రతి క్రాన్ ప్రైట్ క్రింది పద్ధతిలో సూచించబడుతుంది: ఉత్తర-దక్షిణ దిశలో 2వ వీధి మరియు తూర్పు-పశ్చిమ దిశలో 5వ వీధి కలిసినప్పుడు ఆ క్రాన్-ప్రైట్ ను (2, 5) అని పిలుస్తాం. ఈ సమాచారాన్ని ఉపయోగించి, క్రింది వానిని కనుగొనండి:

- (i) ఎన్ని అడ్డ వీధులను (4, 3) గా సూచించవచ్చు?
- (ii) ఎన్ని అడ్డ వీధులను (3, 4) గా సూచించవచ్చు?

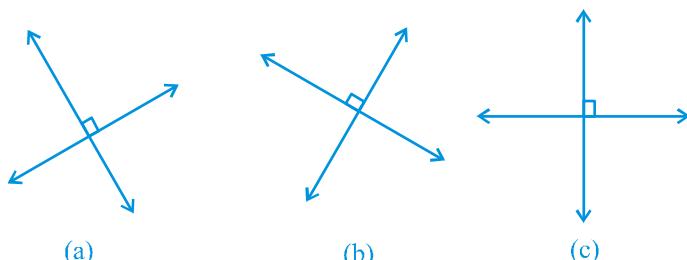
### 3.2 కార్ట్‌జియన్ వ్యవస్థ :

మీరు ‘సంఖ్యా మానర’ అధ్యాయంలో సంఖ్యా రేఖను అధ్యయనం చేసారు. సంఖ్యారేఖపై ఒక స్థిర బిందువు నుండి ధనాత్మకంగా ఒక దిశలో మరియు బుఱాత్మకముగా మరియుక దిశలో సమాన యూనిట్లలో దూరాలు గుర్తించబడతాయి. దూరాలు గుర్తించబడిన ఆ స్థిర బిందువును ‘మూల బిందువు’ అంటాం. సమాన దూరాలలో బిందువులను గుర్తించడం ద్వారా సంఖ్యా రేఖపై సంఖ్యలను సూచిస్తాం. ఒక యూనిట్ దూరం ‘1’ సంఖ్యను సూచిస్తే, 3 యూనిట్ దూరం ‘3’ సంఖ్యను సూచిస్తుంది, మూల బిందువు అనునది 0 వద్ద ఉంటుంది. మూలబిందువు నుండి ధనాత్మక దిశలో 1 దూరం వద్ద ఉన్న బిందువు 1 సంఖ్యను సూచిస్తుంది. మూలబిందువు నుండి బుఱాత్మక దిశలో 1 దూరం వద్ద ఉన్న బిందువు -1 సంఖ్యను సూచిస్తుంది. సంఖ్యారేఖపై వివిధ సంఖ్యల స్థానాలు పటం 3.5 పటంలో చూపబడ్డాయి.



పటం. 3.5

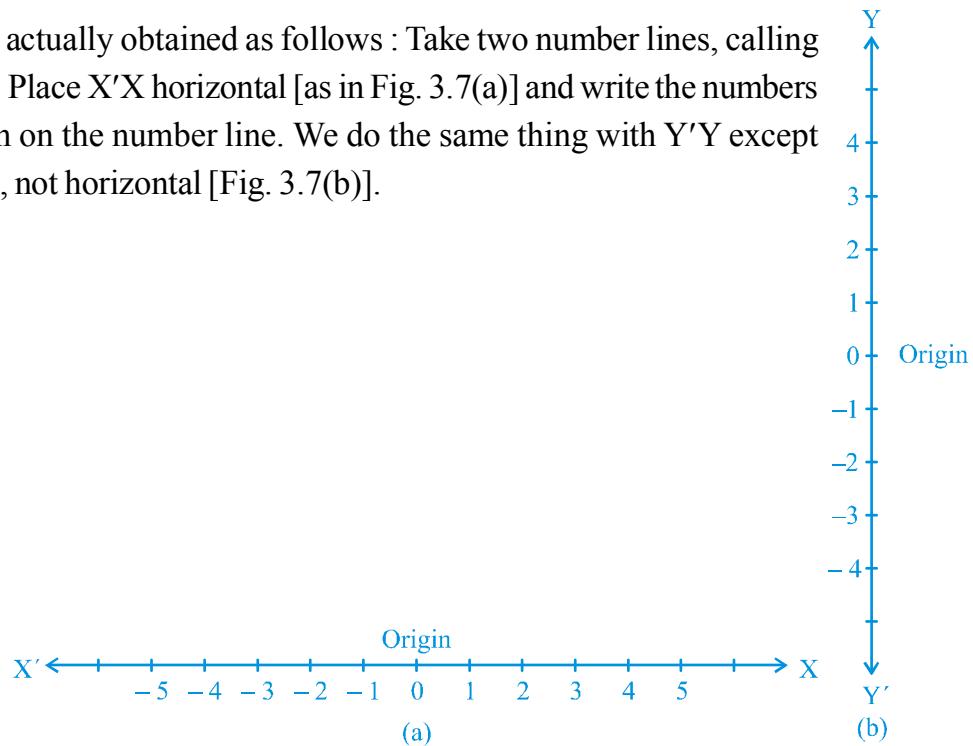
డెకార్ట్ ఒక తలం లో అటువంటి రెండు రేఖలను ఒకదానికాకటి లంబంగా ఉంచి, ఈ రెండు లంబ రేఖల ద్వారా బిందువులను సూచించవచ్చని కనుగొన్నాడు. పటం 3.6 లో చూపిన విధంగా ఈ రెండు లంబ రేఖలు ఏ దిశలోనైనా ఉండవచ్చు.



పటం. 3.6

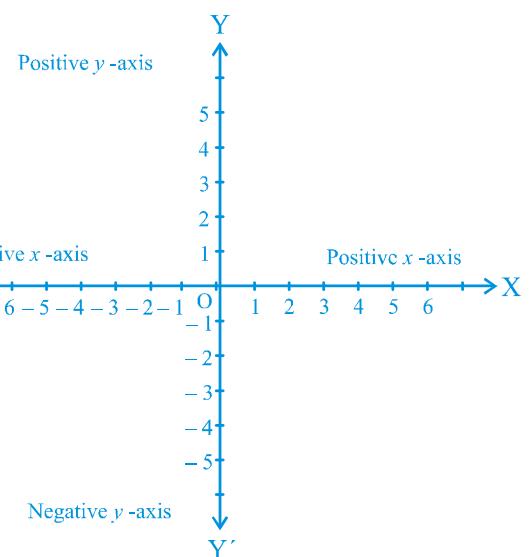
these two lines to locate a point in a plane *in this chapter*, one line will be horizontal and the other will be vertical, as in Fig. 3.6(c).

These lines are actually obtained as follows : Take two number lines, calling them  $X'X$  and  $Y'Y$ . Place  $X'X$  horizontal [as in Fig. 3.7(a)] and write the numbers on it just as written on the number line. We do the same thing with  $Y'Y$  except that  $Y'Y$  is vertical, not horizontal [Fig. 3.7(b)].



**Fig. 3.7**

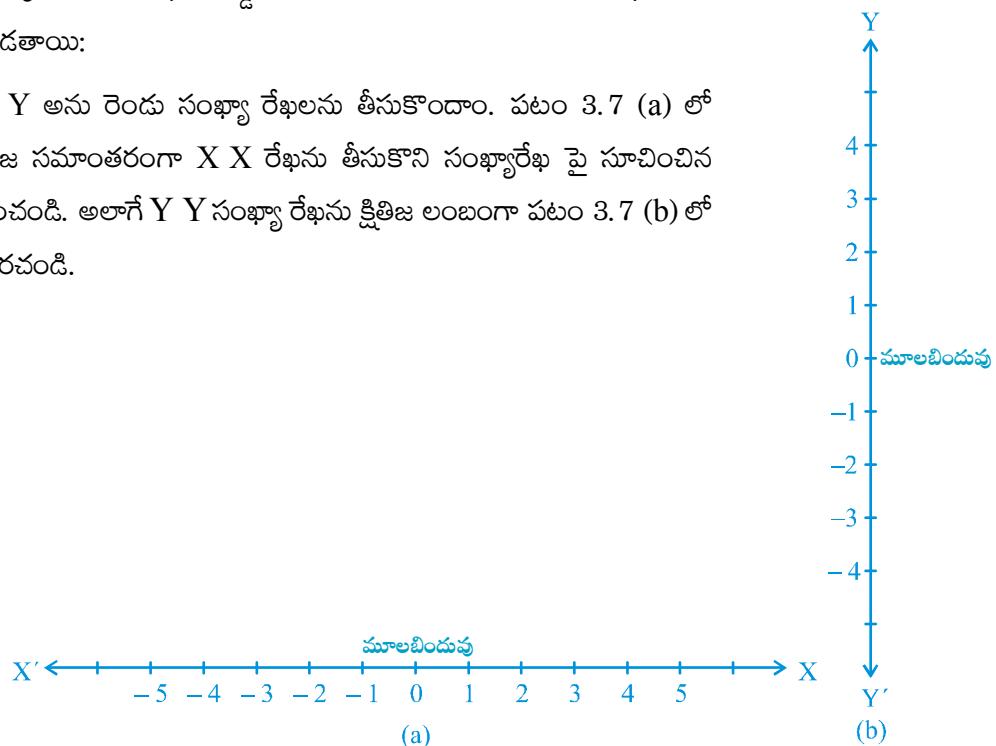
Combine both the lines in such a way that the two lines cross each other at their zeroes, or origins (Fig. 3.8). The horizontal line  $X'X$  is called the  $x$ -axis and the vertical line  $Y'Y$  is called the  $y$ -axis. The point where  $X'X$  and  $Y'Y$  cross is called the **origin**, and is denoted by  $O$ . Since the positive numbers lie on the directions  $OX$  and  $OY$ ,  $OX$  and  $OY$  are called the **positive directions** of the  $x$ -axis and the  $y$ -axis, respectively. Similarly,  $OX'$  and  $OY'$  are called the **negative directions** of the  $x$ -axis and the  $y$ -axis, respectively.



**Fig. 3.8**

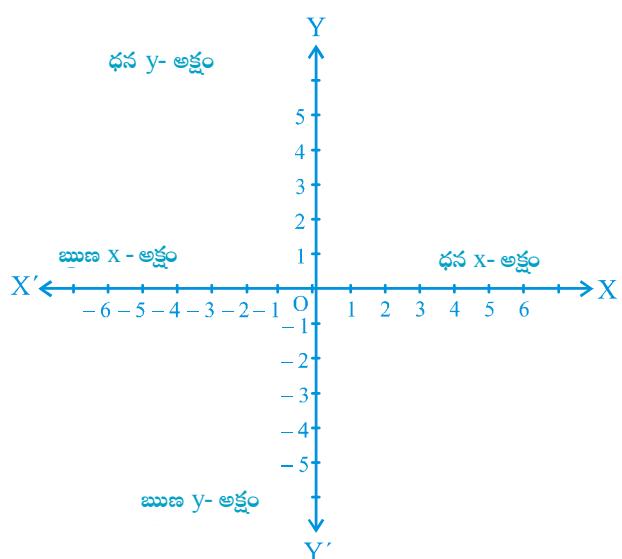
కానీ, ఈ అధ్యాయంలో ఒక తలంలో ఒక బిందువును స్థానాన్ని తెలుపుటకు 3.6(c) లో చూపిన విధముగా ఒక రేఖను నిలువుగా మరొక రేఖను అడ్డంగా పరిగణనలో తీసుకుంటాం. ఆ రేఖలు ఈ క్రింది విధంగా ఏర్పరచబడతాయి:

X X మరియు Y అను రెండు సంఖ్యల రేఖలను తీసుకొందాం. పటం 3.7 (a) లో చూపించిన విధంగా క్రితిజ సమాంతరంగా X X రేఖను తీసుకొని సంఖ్యారేఖ పై సూచించిన విధంగా సంఖ్యలను గుర్తించండి. అలాగే Y Y సంఖ్యల రేఖను క్రితిజ లంబంగా పటం 3.7 (b) లో సూచించిన విధంగా ఏర్పరచండి.



పటం. 3.7

ఈ రెండు రేఖలు ఉమ్మడిగా పరస్పరం వాటి సున్నా దగ్గర లేదా మూల బిందువు వద్ద ఖండించు విధంగా 3.8 లో చూపిన విధంగా ఏర్పరచబడతాయి. క్రితిజ సమాంతర రేఖ X X ను X-అక్షం అని మరియు క్రితిజ లంబ రేఖ Y Y ను - అక్షం అని అంటారు. 'X X' మరియు Y Y ల ఖండన బిందువును మూల బిందువు అని అంటాం మరియు O చే సూచిస్తాం. ధన సంఖ్యలు OX మరియు OY దిశలో ఉంటాయి కావున OX మరియు OY ల వరుసగా X మరియు Y అక్షముల ధన దిశలు అవుతాయి. అదే విధంగా OX' మరియు OY' వరుసగా X మరియు Y అక్షముల బుఱ దిశలు అవుతాయి.



పటం. 3.8

You observe that the axes (plural of the word ‘axis’) divide the plane into four parts. These four parts are called the *quadrants* (one fourth part), numbered I, II, III and IV anticlockwise from OX (see Fig. 3.9). So, the plane consists of the axes and these quadrants. We call the plane, the *Cartesian plane*, or the *coordinate plane*, or the *xy-plane*. The axes are called the *coordinate axes*.

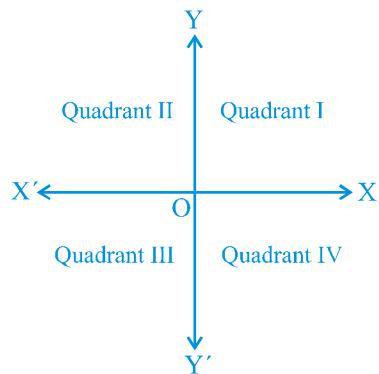


Fig. 3.9

Now, let us see why this system is so basic to mathematics, and how it is useful. Consider the following diagram where the axes are drawn on graph paper. Let us see the distances of the points P and Q from the axes. For this, we draw perpendiculars PM on the  $x$ -axis and PN on the  $y$ -axis. Similarly, we draw perpendiculars QR and QS as shown in Fig. 3.10.

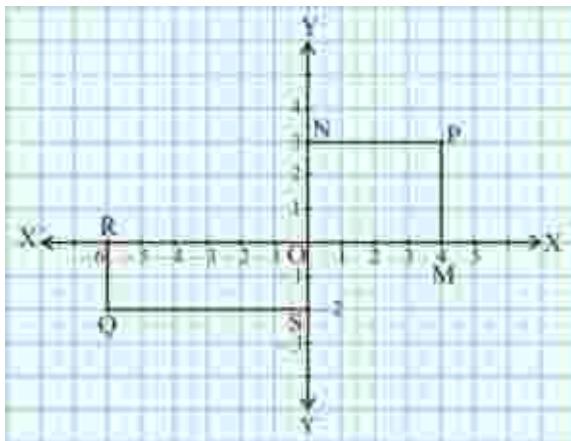
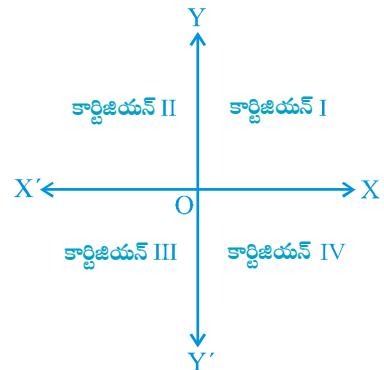


Fig.3.10

You find that

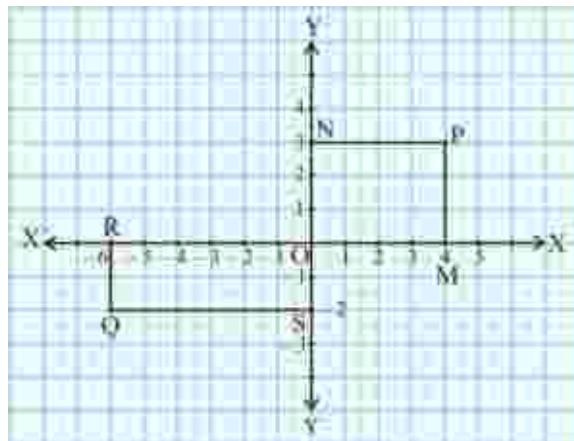
- The perpendicular distance of the point P from the  $y$ -axis measured along the positive direction of the  $x$ -axis is  $PN = OM = 4$  units.
- The perpendicular distance of the point P from the  $x$ -axis measured along the positive direction of the  $y$ -axis is  $PM = ON = 3$  units.

ఈ అక్షాలు ('అక్షం' యొక్క బహువచనం) తలాన్ని నాలుగు భాగాలుగా విభజించటం మీరు గమనిస్తారు. ఈ నాలుగు భాగాలను పాదాలు అంటారు. (నాలుగు భాగం) OX నుండి అపసవ్య దిశలో I, II, III మరియు IV గా సంఖ్యలతో గుర్తిస్తాం (పటం 3.9ని చూడండి). కాబట్టి తలం అక్షాలను మరియు పాదాలను కలిగి ఉంటుంది. మనం తలాన్ని కార్ప్రాజియన్ తలం, లేదా నిరూపకతలం లేదా xy తలం అని అంటాం. అక్షాలను నిరూపక అక్షాలు అని అంటాం.



పటం. 3.9

ఇప్పుడు, ఈ వ్యవస్థ, గణితశాస్త్రాన్ని ప్రాథమిక భావనగా ఎందుకు? మరియు అది ఎలా ఉపయోగపడుతుందో చూదాం. క్రింది అక్షాలు గీచిన గ్రాఫ్ కాగితంపై క్రింది పటాన్ని పరిగణించండి. అక్షాల నుండి P మరియు Q బిందువుల దూరాలను చూదాం. దీని కోసం, మనము X- అక్షంపై PM మరియు Y - అక్షంపై PN లంబాలను గీస్తాం. అదేవిధంగా, మనం పటం 3.10లో చూపిన విధంగా QR మరియు QS లంబాలను గీస్తాం.



పటం. 3.10

మై పటము ద్వారా క్రింది విషయాలను గమనించవచ్చు:

- (i) X- అక్షం యొక్క ధనదిశలో Y - అక్షంనుండి కొలవబడిన P బిందువు యొక్కలంబదూరం  $PN=OM=4$  యూనిట్లు.
- (ii) Y- అక్షం యొక్క ధనదిశలో X - అక్షంనుండి కొలవబడిన P బిందువు యొక్కలంబదూరం  $PM=ON=3$  యూనిట్లు

- (iii) The perpendicular distance of the point Q from the  $y$ -axis measured along the negative direction of the  $x$ -axis is  $OR = SQ = 6$  units.
- (iv) The perpendicular distance of the point Q from the  $x$ -axis measured along the negative direction of the  $y$ -axis is  $OS = RQ = 2$  units.

Now, using these distances, how can we describe the points so that there is no confusion?

We write the coordinates of a point, using the following conventions:

- (i) The  $x$ -coordinate of a point is its perpendicular distance from the  $y$ -axis measured along the  $x$ -axis (positive along the positive direction of the  $x$ -axis and negative along the negative direction of the  $x$ -axis). For the point P, it is +4 and for Q, it is -6. The  $x$ -coordinate is also called the *abscissa*.
- (ii) The  $y$ -coordinate of a point is its perpendicular distance from the  $x$ -axis measured along the  $y$ -axis (positive along the positive direction of the  $y$ -axis and negative along the negative direction of the  $y$ -axis). For the point P, it is +3 and for Q, it is -2. The  $y$ -coordinate is also called the *ordinate*.
- (iii) In stating the coordinates of a point in the coordinate plane, the  $x$ -coordinate comes first, and then the  $y$ -coordinate. We place the coordinates in brackets.

Hence, the coordinates of P are (4, 3) and the coordinates of Q are (-6, -2).

Note that the coordinates describe a point in the plane *uniquely*. (3, 4) is not the same as (4, 3).

**Example 1 :** See Fig. 3.11 and complete the following statements:

- (i) The abscissa and the ordinate of the point B are \_\_\_\_ and \_\_\_\_ respectively.  
Hence, the coordinates of B are (\_\_\_\_, \_\_\_\_).
- (ii) The  $x$ -coordinate and the  $y$ -coordinate of the point M are \_\_\_\_ and \_\_\_\_ respectively.  
Hence, the coordinates of M are (\_\_\_\_, \_\_\_\_).
- (iii) The  $x$ -coordinate and the  $y$ -coordinate of the point L are \_\_\_\_ and \_\_\_\_ respectively.  
Hence, the coordinates of L are (\_\_\_\_, \_\_\_\_).
- (iv) The  $x$ -coordinate and the  $y$ -coordinate of the point S are \_\_\_\_ and \_\_\_\_ respectively.  
Hence, the coordinates of S are (\_\_\_\_, \_\_\_\_).

(iii) X - అక్షం యొక్క బుణ దిశలో Y - అక్షం నుండి కొలవబడిన Q బిందువు యొక్క లంబదూరం OR = SQ = 6 యూనిట్లు.

(iv) Y - అక్షం యొక్క బుణ దిశలో X - అక్షం నుండి కొలవబడిన Q బిందువు యొక్క లంబదూరం OS = RQ = 2 యూనిట్లు.

జప్పుదు, ఈ దూరాలను పయోగించి, గందరగోళం లేకుండా బిందువులను ఎలా వివరించవచ్చు?

మనము ఈ క్రింది పద్ధతులను ఉపయోగించి ఒక బిందువు యొక్క నిరూపకాలను వ్రాస్తాం :

(i) X - అక్షం పై మూల బిందువు నుండి లంబపాదం వరకు గల దూరాన్ని (X అక్షం యొక్క ధన దిశలో ధనాత్మకంగా మరియు X అక్షం యొక్క బుణదిశలో బుణాత్మకంగా) X-నిరూపకం అని అంటాం. P బిందువుకు ఇది + 4 మరియు Q నకు -6. X-నిరూపకాన్ని, ప్రథమ నిరూపకం (Abscissa) అని కూడా అంటారు.

(ii) Y- అక్షం పై మూల బిందువు నుండి లంబపాదం వరకు గల దూరాన్ని (Y అక్షం యొక్క ధన దిశలో ధనాత్మకంగా మరియు Y అక్షం యొక్క బుణదిశలో బుణాత్మకంగా) Y-నిరూపకం అని అంటాము. P బిందువుకు ఇది + 3 మరియు Q నకు ఇది -2. Y- నిరూపకాన్ని ద్వితీయ నిరూపకం (Ordinate) అని కూడా అంటారు.

(iii) ఒక బిందువు యొక్క నిరూపకాలను నిర్వచించుటకు మొదట X-నిరూపకము, ఆపై Y-నిరూపకము లను వ్రాస్తాము. వాటిని భ్రాకెటలలో వ్రాస్తాం.

కావున, P బిందువు యొక్క నిరూపకాలు (4,3) మరియు Q బిందువు నిరూపకాలు (-6, -2) అవుతాయి. ఒక తలంపై ఏ బిందువు యొక్క నిరూపకాలైనా ఏకైకం (unique)గా ఉంటాయి.

**ఉదాహరణ 1:** పటం 3.11 ను గమనించి క్రింద ఖాళీలను పూర్తిచేయండి:

(i) B బిందువు యొక్క ప్రథమ నిరూపకం మరియు ద్వితీయ నిరూపకం వరుసగా \_\_\_\_\_ మరియు \_\_\_\_\_. ఐన, B యొక్క నిరూపకాలు B (\_\_\_\_\_, \_\_\_\_).

(ii) M బిందువు యొక్క X-- నిరూపకం మరియు Y-- నిరూపకం వరుసగా \_\_\_\_\_ మరియు \_\_\_\_, అయిన, M యొక్క నిరూపకాలు (\_\_\_\_\_, \_\_\_\_).

(iii) L బిందువు యొక్క X-- నిరూపకం మరియు Y-- నిరూపకం వరుసగా \_\_\_\_\_ మరియు \_\_\_, అయిన, L యొక్క నిరూపకాలు (\_\_\_\_\_, \_\_\_\_).

(iv) S బిందువు యొక్క X-- నిరూపకం మరియు Y-- నిరూపకం వరుసగా \_\_\_\_\_ మరియు \_\_\_, అయిన, S యొక్క నిరూపకాలు (\_\_\_\_\_, \_\_\_\_)

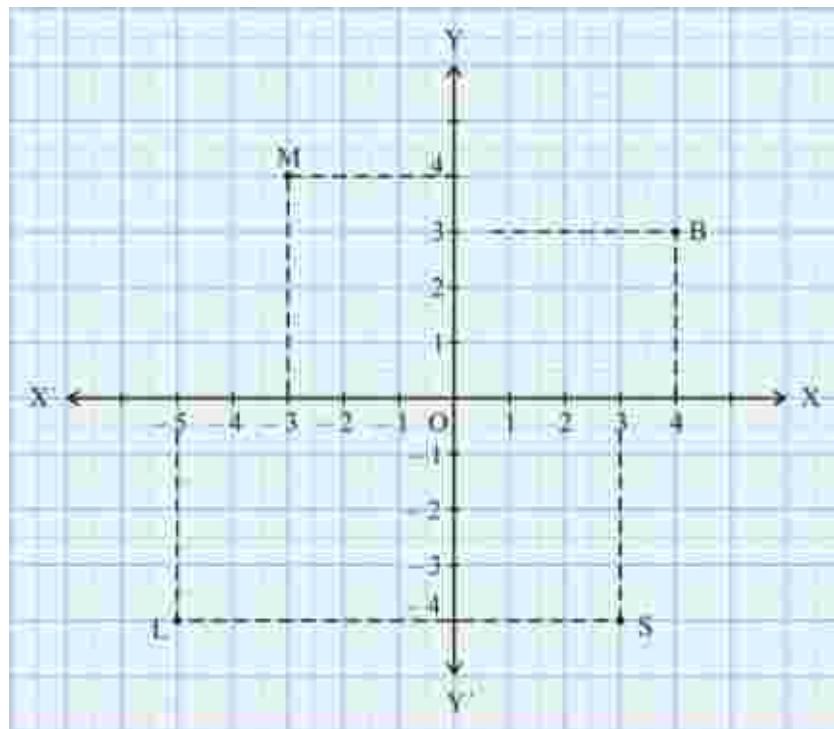
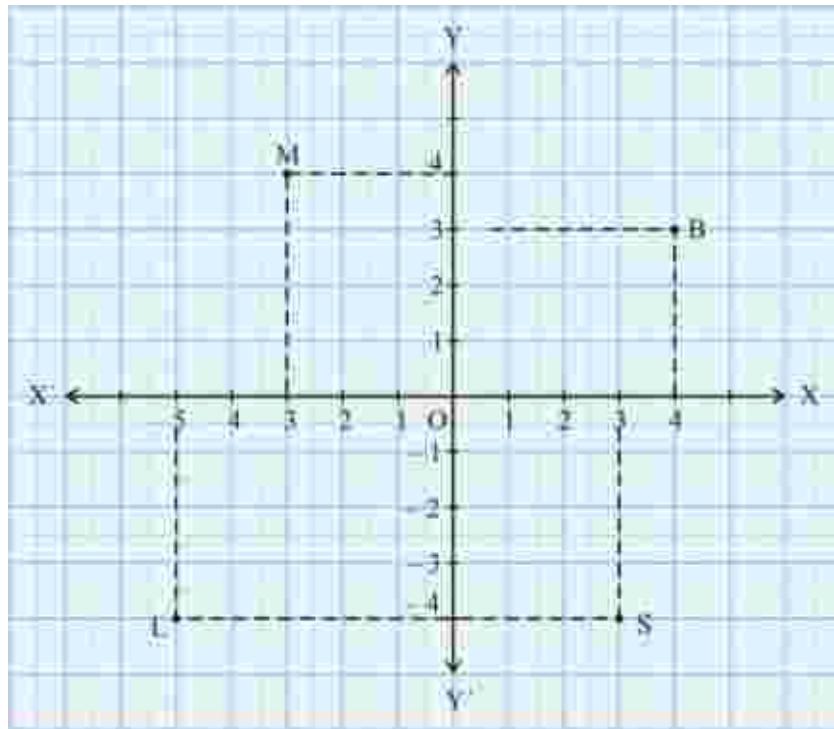


Fig. 3.11

**Solution:** (i) Since the distance of the point B from the  $y$ -axis is 4 units, the  $x$ -coordinate or abscissa of the point B is 4. The distance of the point B from the  $x$ -axis is 3 units; therefore, the  $y$ -coordinate, i.e., the ordinate, of the point B is 3. Hence, the coordinates of the point B are  $(4, 3)$ .

As in (i) above :

- (ii) The  $x$ -coordinate and the  $y$ -coordinate of the point M are  $-3$  and  $4$ , respectively. Hence, the coordinates of the point M are  $(-3, 4)$ .
- (iii) The  $x$ -coordinate and the  $y$ -coordinate of the point L are  $-5$  and  $-4$ , respectively. Hence, the coordinates of the point L are  $(-5, -4)$ .
- (iv) The  $x$ -coordinate and the  $y$ -coordinate of the point S are  $3$  and  $-4$ , respectively. Hence, the coordinates of the point S are  $(3, -4)$ .



### పటం. 3.11

**సాధన :** (i)  $y$  - అక్షం నుండి  $B$  బిందువు దూరం 4 యూనిట్లు,  $B$  బిందువు యొక్క ప్రథమ నిరూపకం లేదా  $X$  నిరూపకం 4.  $X$  - అక్షం నుండి  $B$  బిందువు యొక్క దూరం 3 యూనిట్లు ; కాబట్టి,  $B$  బిందువు యొక్క ద్వితీయ నిరూపకం, అంటే  $Y$ -నిరూపకం 3.  
 అందువల్ల,  $B$  బిందువు యొక్క నిరూపకాలు  $(4, 3)$ .

పైన (i) లో తెలిపిన విధంగా :

- (ii)  $M$  బిందువు యొక్క  $x$  - నిరూపకం మరియు  $y$  - నిరూపకం వరుసగా 3 మరియు 4. అందువల్ల,  $M$  బిందువు యొక్క నిరూపకాలు  $(3, 4)$ .
- (iii)  $L$  బిందువు యొక్క  $x$  - నిరూపకం మరియు  $y$  - నిరూపకం వరుసగా 5 మరియు -4. అందువల్ల,  $L$  బిందువు యొక్క నిరూపకాలు  $(5, -4)$ .
- (iv)  $S$  బిందువు యొక్క  $x$  - నిరూపకం మరియు  $y$  - నిరూపకం వరుసగా 3 మరియు 4. అందువల్ల,  $S$  బిందువు యొక్క నిరూపకాలు  $(3, -4)$

**Example 2 :** Write the coordinates of the points marked on the axes in Fig. 3.12.

**Solution :** You can see that :

(i) The point A is at a distance of + 4 units from the  $y$ -axis and at a distance zero from the  $x$ -axis. Therefore, the  $x$ -coordinate of A is 4 and the  $y$ -coordinate is 0. Hence, the coordinates of A are (4, 0).

(ii) The coordinates of B are (0, 3). Why?

(iii) The coordinates of C are (- 5, 0). Why?

(iv) The coordinates of D are (0, - 4). Why?

(v) The coordinates of E are  $\left(\frac{2}{3}, 0\right)$ . Why?

Since every point on the  $x$ -axis has no distance (zero distance) from the  $x$ -axis, therefore, the  $y$ -coordinate of every point lying on the  $x$ -axis is always zero. Thus, the coordinates of any point on the  $x$ -axis are of the form  $(x, 0)$ , where  $x$  is the distance of the point from the  $y$ -axis. Similarly, the coordinates of any point on the  $y$ -axis are of the form  $(0, y)$ , where  $y$  is the distance of the point from the  $x$ -axis. Why?

What are the coordinates of the **origin O**? *It has zero distance from both the axes so that its abscissa and ordinate are both zero. Therefore, the coordinates of the origin are (0, 0).*

In the examples above, you may have observed the following relationship between the signs of the coordinates of a point and the quadrant of a point in which it lies.

- (i) If a point is in the 1st quadrant, then the point will be in the form (+, +), since the 1st quadrant is enclosed by the positive  $x$ -axis and the positive  $y$ -axis.
- (ii) If a point is in the 2nd quadrant, then the point will be in the form (-, +), since the 2nd quadrant is enclosed by the negative  $x$ -axis and the positive  $y$ -axis.
- (iii) If a point is in the 3rd quadrant, then the point will be in the form (-, -), since the 3rd quadrant is enclosed by the negative  $x$ -axis and the negative  $y$ -axis.
- (iv) If a point is in the 4th quadrant, then the point will be in the form (+, -), since the 4th quadrant is enclosed by the positive  $x$ -axis and the negative  $y$ -axis (see Fig. 3.13).

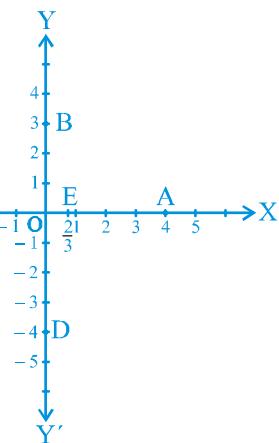


Fig. 3.12

**ఉదాహరణ 2:** పటం 3.12 లో చూపిన బిందువులకు నిరూపకాలు రాయండి.

**సాధన:**

(i) A బిందువు Y - అక్షం నుండి + 4 యూనిట్ల దూరంలో మరియు

X- అక్షం నుండి సున్న దూరంలో ఉంటుంది. కాబట్టి, A X

నిరూపకం 4 మరియు Y - నిరూపకం 0. అందువల్ల A

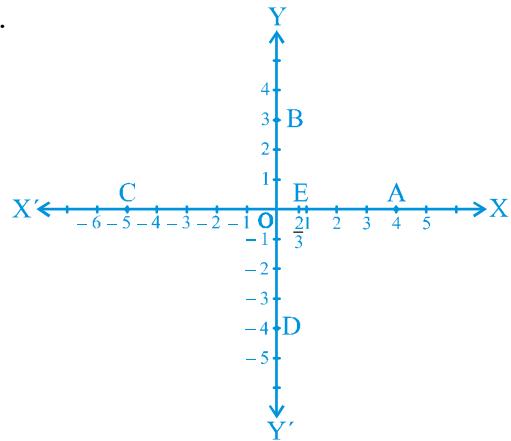
నిరూపకాలు (4, 0).

(ii) B బిందువు యొక్క నిరూపకాలు (0,3) ఎందుకు?

(iii) C బిందువు యొక్క నిరూపకాలు (-5, 0) ఎందుకు?

(iv) D బిందువు యొక్క నిరూపకాలు (0, -4) ఎందుకు?

(v) E బిందువు యొక్క నిరూపకాలు  $\left(\frac{2}{3}, 0\right)$  ఎందుకు?



**పటం. 3.12**

ప్రతి బిందువు X అక్షము నుండి సున్న దూరంలో కలవు అని చెప్పవచ్చు. కావున, X- అక్షంపై ఉన్న ప్రతి బిందువు యొక్క Y- నిరూపకం విలువ 0. అందువల్ల, Y- అక్షం పై గల అన్ని బిందువులు  $(x, 0)$ గా సూచించబడుతాయి. ఇందులో X అనునది Y అక్షం నుండి గల దూరం. అలాగే Y అక్షం పై గల అన్ని బిందువులు  $(0, y)$  రూపంలో ఉంటాయి. అందులో y అనునది X- అక్షం నుండి గల దూరం. ఎందుకు?

మూలబిందువు O యొక్క నిరూపకాలు ఏవి? ఇది రెండు అక్షాల నుండి సున్న దూరాన్ని కలిగి ఉంటుంది కాబట్టి దాని ప్రథమ మరియు ద్వితీయ నిరూపకాలు రెండూ సున్నగా ఉంటాయి. కాబట్టి, మూలబిందువు నిరూపకాలు  $(0, 0)$  అని చెప్పవచ్చు.

పై ఉదాహరణలలో, మీరు ఒక బిందువు యొక్క నిరూపకాల గుర్తులు మరియు బిందువుగల పాదముల మధ్య ఈ క్రింది సంబంధాన్ని గమనించవచ్చు.

- ఒక బిందువు మొదటి పాదంలో ఉన్నట్లయితే, బిందువు  $(+, +)$  రూపంలో ఉంటుంది, ఎందుకంటే మొదటి పాదం X- అక్షపై ధన దిశలో మరియు Y- అక్షపై ధన దిశలో ఉంటుంది.
- ఒక బిందువు రెండవ పాదంలో ఉన్నట్లయితే, బిందువు  $(-, +)$  రూపంలో ఉంటుంది, ఎందుకంటే రెండవ పాదం X- అక్షపై ధన దిశలో మరియు Y- అక్షపై ధన దిశలో ఉంటుంది.
- ఒక బిందువు మూడవ పాదంలో ఉన్నట్లయితే, బిందువు  $(-, -)$  రూపంలో ఉంటుంది, ఎందుకంటే మూడవ పాదం X- అక్షపై ధన దిశలో మరియు Y- అక్షపై ధన దిశలో ఉంటుంది.
- ఒక బిందువు నాల్గవ పాదంలో ఉన్నట్లయితే, బిందువు  $(+, -)$  రూపంలో ఉంటుంది, ఎందుకంటే నాల్గవ పాదం X- అక్షపై ధన దిశలో మరియు Y- అక్షపై ధన దిశలో ఉంటుంది. (3.13 పటాన్ని చూడుము)

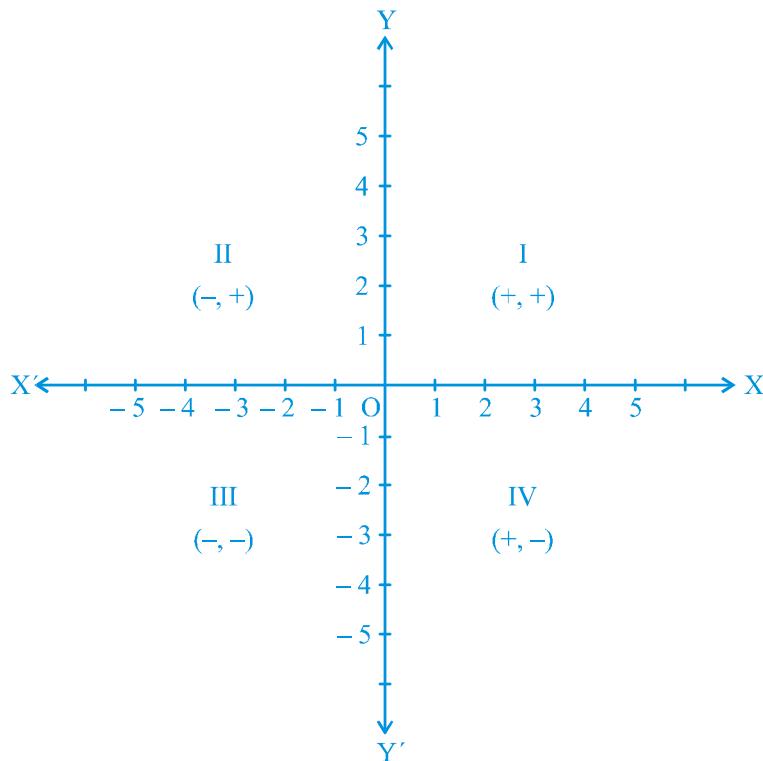
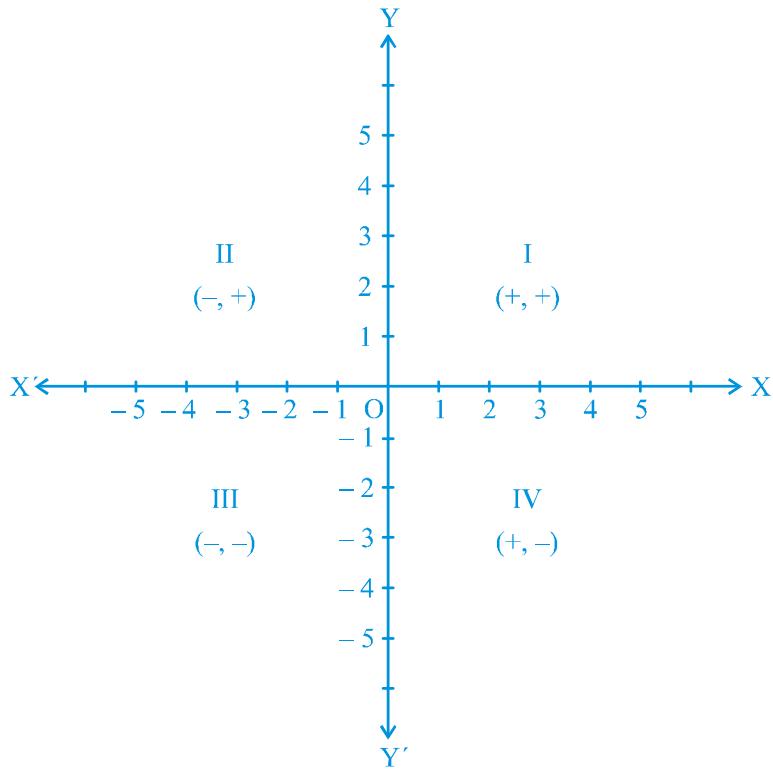


Fig. 3.13

**Remark :** The system we have discussed above for describing a point in a plane is only a convention, which is accepted all over the world. The system could also have been, for example, the ordinate first, and the abscissa second. However, the whole world sticks to the system we have described to avoid any confusion.

### EXERCISE 3.2

1. Write the answer of each of the following questions:
  - (i) What is the name of horizontal and the vertical lines drawn to determine the position of any point in the Cartesian plane?
  - (ii) What is the name of each part of the plane formed by these two lines?
  - (iii) Write the name of the point where these two lines intersect.
2. See Fig. 3.14, and write the following:
  - (i) The coordinates of B.
  - (ii) The coordinates of C.
  - (iii) The point identified by the coordinates  $(-3, -5)$ .



పటం. 3.13

**గమనిక :** ఒక తలంలో బిందువును వివరించడానికి పైన చర్చించిన వ్యవస్థ ఒక వివరణ మాత్రమే, ఇది ప్రపంచవ్యాప్తంగా అమోదించబడింది. ఉదాహరణకు, ఆర్ద్రినేట్ (ద్వితీయ నిరూపకం) మొదటగా మరియు అబ్సిస్సా (ప్రథమ నిరూపకము) రెండవదిగా గల వ్యవస్థ కూడా ఉండియుండవచ్చు). అయితే, ఈ గందరగోళాలను నివారించడానికి ప్రపంచం మొత్తం మనం వివరించిన కార్బ్రిజియన్ వ్యవస్థను అనుసరిస్తోంది.

### అభ్యాసం 3.2

1. క్రింది ప్రశ్నలకు సమాధానాలు రాయండి.

- ఒక కార్బ్రిజియన్ ఒక తలంలో ఒక బిందువు స్థానాన్ని నిర్వచించడానికి గీసే క్లితిజ సమాంతర రేఖ మరియు క్లితిజ లంబరేఖల పేర్లను తెలుపండి.
- ఈ రెండు రేఖల ద్వారా తలంలో ఏర్పడిన ప్రతి భాగం పేరు ఏమిటి?
- ఈ రెండు రేఖలు ఖండించుకునే బిందువు పేరు రాయండి.

2. 3.14 పటం చూసి క్రింది వాటిని రాయండి:

- B నిరూపకాలు
- C నిరూపకాలు
- (-3, -5) నిరూపకాల ద్వారా నిర్వచించబడిన బిందువు

- (iv) The point identified by the coordinates  $(2, -4)$ .
- (v) The abscissa of the point D.
- (vi) The ordinate of the point H.
- (vii) The coordinates of the point L.
- (viii) The coordinates of the point M.

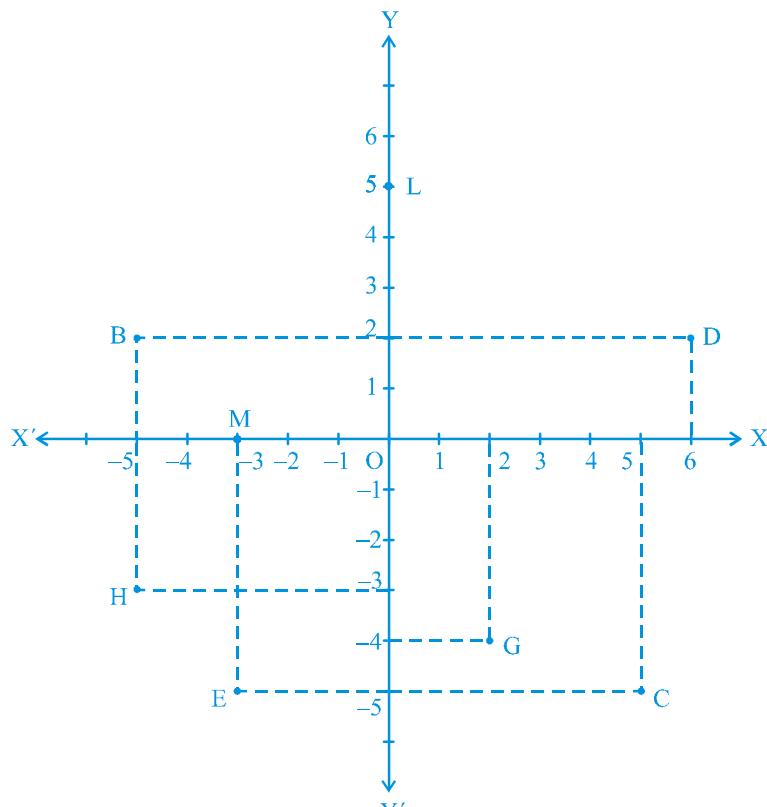


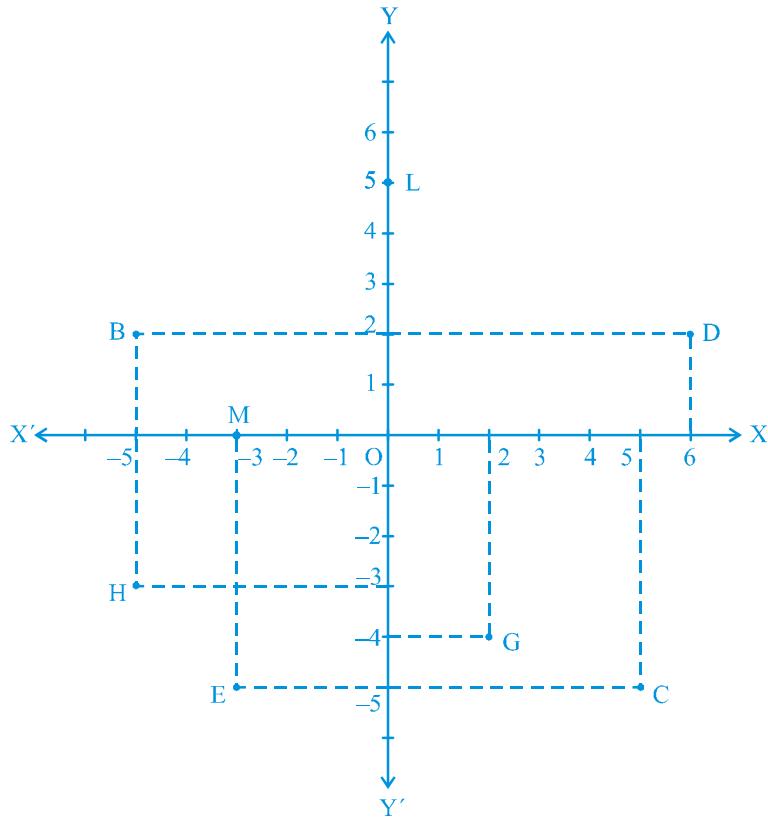
Fig. 3.14

### 3.3 Summary

In this chapter, you have studied the following points :

1. To locate the position of an object or a point in a plane, we require two perpendicular lines. One of them is horizontal, and the other is vertical.
2. The plane is called the Cartesian, or coordinate plane and the lines are called the coordinate axes.
3. The horizontal line is called the  $x$ -axis, and the vertical line is called the  $y$ -axis.

- (iv)  $(2, -4)$  నిరూపకాల ద్వారా నిర్వచించబడిన బిందువు
- (v) D బిందువు యొక్క ప్రథమ నిరూపకం
- (vi) H బిందువు యొక్క ద్వితీయ నిరూపకం
- (vii) L బిందువు యొక్క నిరూపకాలు
- (viii) M బిందువు యొక్క నిరూపకాలు



పటం. 3.14

### 3.3 సారాంశం:

ఈ అధ్యాయంలో, మీరు ఈ క్రింది అంశాలను అధ్యయనం చేసారు :

1. ఒక తలములో ఒక వస్తువు లేదా బిందువు యొక్క స్థానాన్ని గుర్తించడానికి, మనకు లంబంగా రెండు రేఖలు అవసరం. వాటిలో ఒకటి క్లితిజ సమాంతరంగా ఉంటుంది, మరొకటి నిలవుగా ఉంటుంది.
2. ఈ తలమును కార్టీజియన్ లేదా నిరూపక తలం అని పిలుస్తారు మరియు రేఖలను నిరూపక అక్షాలు అంటారు.
3. క్లితిజ సమాంతర రేఖను X - అక్షం అని క్లితిజ లంబ రేఖను Y - అక్షం అని అంటాము.

4. The coordinate axes divide the plane into four parts called quadrants.
5. The point of intersection of the axes is called the origin.
6. The distance of a point from the  $y$ -axis is called its  $x$ -coordinate, or abscissa, and the distance of the point from the  $x$ -axis is called its  $y$ -coordinate, or ordinate.
7. If the abscissa of a point is  $x$  and the ordinate is  $y$ , then  $(x, y)$  are called the coordinates of the point.
8. The coordinates of a point on the  $x$ -axis are of the form  $(x, 0)$  and that of the point on the  $y$ -axis are  $(0, y)$ .
9. The coordinates of the origin are  $(0, 0)$ .
10. The coordinates of a point are of the form  $(+, +)$  in the first quadrant,  $(-, +)$  in the second quadrant,  $(-, -)$  in the third quadrant and  $(+, -)$  in the fourth quadrant, where  $+$  denotes a positive real number and  $-$  denotes a negative real number.
11. If  $x \neq y$ , then  $(x, y) \neq (y, x)$ , and  $(x, y) = (y, x)$ , if  $x = y$ .

4. నిరూపక అక్షాలు ఒక తలాన్ని నాలుగు భాగాలుగా విభజిస్తాయి. వాటిని పాదాలు అంటారు.
5. అక్షాల ఖండన బిందువును మూల బిందువు అంటారు.
6.  $Y$  - అక్షం నుండి ఒక బిందువుకు గల దూరాన్ని దాని  $x$  - నిరూపకం, లేదా ప్రథమ నిరూపకం లేదా ఆఖీస్సా అంటారు.  
 $X$  - అక్షం నుండి బిందువుకు గల దూరాన్ని దాని  $y$  - నిరూపకం, లేదా ద్వితీయ నిరూపకం లేదా ఆర్డినేట్ అంటారు.
7. ఒక బిందువు యొక్క ప్రథమ నిరూపకం  $x$ , ద్వితీయ నిరూపకం  $y$  అయిన  $(x,y)$  ఆ బిందువు యొక్క నిరూపకాలు అంటాము.
8.  $X$  - అక్షం పై గల బిందువు నిరూపకాలు  $(x, 0)$  మరియు  $Y$  - అక్షం పై గల బిందువు నిరూపకాలు  $(0,y)$  రూపములో ఉంటాయి.
9. మూల బిందువు నిరూపకాలు  $(0, 0)$
10. ఒక బిందువు యొక్క నిరూపకాలు మొదటి పాదంలో  $(+, +)$  రూపంలో, రెండవ పాదంలో  $(-, +)$  రూపంలో, మూడవ పాదంలో  $(-, -)$  మరియు నాల్గవ రూపంలో  $(+,-)$  రూపంలోనూ ఉంటాయి [ $+$  అనేది ధన సంఖ్య,  $-$  అనేది ఋణ సంఖ్యగా సూచిస్తాం].
11.  $x \neq y$  అయితే  $(x, y) \neq (y, x)$ , మరియు  $x = y$  అయితే  $(x, y) = (y, x)$


**CHAPTER 4**

## LINEAR EQUATIONS IN TWO VARIABLES

*The principal use of the Analytic Art is to bring Mathematical Problems to Equations and to exhibit those Equations in the most simple terms that can be.*

—*Edmund Halley*

### 4.1 Introduction

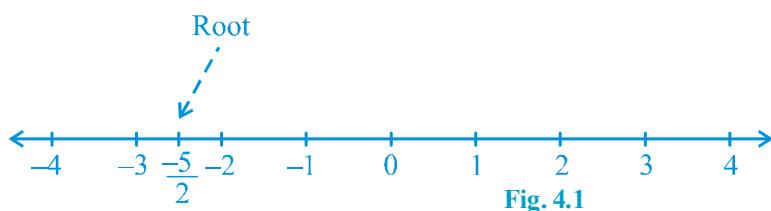
In earlier classes, you have studied linear equations in one variable. Can you write down a linear equation in one variable? You may say that  $x + 1 = 0$ ,  $x + \sqrt{2} = 0$  and  $\sqrt{2}y + \sqrt{3} = 0$  are examples of linear equations in one variable. You also know that such equations have a unique (i.e., one and only one) solution. You may also remember how to represent the solution on a number line. In this chapter, the knowledge of linear equations in one variable shall be recalled and extended to that of two variables. You will be considering questions like: Does a linear equation in two variables have a solution? If yes, is it unique? What does the solution look like on the Cartesian plane? You shall also use the concepts you studied in Chapter 3 to answer these questions.

### 4.2 Linear Equations

Let us first recall what you have studied so far. Consider the following equation:

$$2x + 5 = 0$$

Its solution, i.e., the root of the equation, is  $-\frac{5}{2}$ . This can be represented on the number line as shown below:





అధ్యాయం 4

## రెండు చరరాశులలో రేఖీయ సమీకరణాలు

విశ్లేషణాత్మక కళ యొక్క ప్రధాన ఉపయోగం గణిత సమస్యలను సమీకరణాల రూపంలోనికి తీసుకువాడం మరియు ఆ సమీకరణాలను అత్యంత సాధారణ పదాలలో ప్రదర్శించడం.

- ఎడ్యూఅడ్ హార్టీ

### 4.1 పరిచయం :

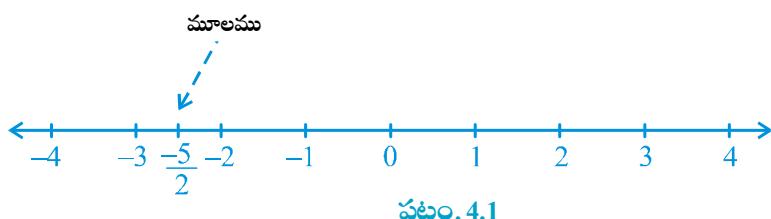
మీరు క్రింది తరగతులలో ఏక చరరాశిలో రేఖీయ సమీకరణాలను అధ్యయనం చేసారు. మీరు ఏక చరరాశిలో రేఖీయ సమీకరణాలను రాయగలరా?  $x + 1 = 0$ ,  $x + \sqrt{2} = 0$  మరియు  $\sqrt{2}y + \sqrt{3} = 0$  అనునవి ఏక చరరాశిలో రేఖీయ సమీకరణాలకు ఉదాహరణగా పేర్కొంటారు. ఇలాంటి రేఖీయ సమీకరణాలకు ఏకైక (unique) (ఒకేఒక) విలువ సాధనగా ఉంటుందనేది మీకు తెలుసు. సాధనను సంఖ్యారేఖపై ఎలా సూచించాలో కుడా మీరు గుర్తు చేసుకోవచ్చు. ఈ అధ్యాయంలో ఏక చరరాశిలో రేఖీయ సమీకరణాలను జ్ఞాపికి తెచ్చుకొని వాటిని రెండు చరరాశులకు విస్తరిస్తాం. రెండు చరరాశులలో రేఖీయ సమీకరణాలకు సాధన ఉంటుందా? అవును అయితే, ఇది ఏకైకమా? కార్బిజియన్ తలంలో సాధన ఎలా ఉంటుంది? వంటి ప్రశ్నలను మీరు పరిశీలిస్తారు. ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాలు ఇవ్వడానికి 3వ అధ్యాయంలో మీరు నేర్చుకున్న భావనలు కూడా ఉపయోగిస్తారు.

### 4.2 రేఖీయ సమీకరణాలు:

మీరు ఇంతవరకు నేర్చుకున్న విషయాలను గుర్తుకు తెచ్చుకోండి. క్రింది రేఖీయ సమీకరణాన్ని పరిశీలించండి.

$$2x + 5 = 0$$

దీనికి సాధన అనగా సమీకరణం యొక్క మూలం  $-\frac{5}{2}$  అవుతుంది. దీనిని సంఖ్యా రేఖపై క్రింది విధంగా చూపించవచ్చు.



While solving an equation, you must always keep the following points in mind:

The solution of a linear equation is not affected when:

- (i) the same number is added to (or subtracted from) both the sides of the equation.
- (ii) you multiply or divide both the sides of the equation by the same non-zero number.

Let us now consider the following situation:

In a One-day International Cricket match between India and Sri Lanka played in Nagpur, two Indian batsmen together scored 176 runs. Express this information in the form of an equation.

Here, you can see that the score of neither of them is known, i.e., there are two unknown quantities. Let us use  $x$  and  $y$  to denote them. So, the number of runs scored by one of the batsmen is  $x$ , and the number of runs scored by the other is  $y$ . We know that

$$x + y = 176,$$

which is the required equation.

This is an example of a linear equation in two variables. It is customary to denote the variables in such equations by  $x$  and  $y$ , but other letters may also be used. Some examples of linear equations in two variables are:

$$1.2s + 3t = 5, p + 4q = 7, u + 5v = 9 \text{ and } 3 = \sqrt{2}x - 7y.$$

Note that you can put these equations in the form  $1.2s + 3t - 5 = 0, p + 4q - 7 = 0, u + 5v - 9 = 0$  and  $\sqrt{2}x - 7y - 3 = 0$ , respectively.

So, any equation which can be put in the form  $ax + by + c = 0$ , where  $a, b$  and  $c$  are real numbers, and  $a$  and  $b$  are not both zero, is called a *linear equation in two variables*. This means that you can think of many many such equations.

**Example 1 :** Write each of the following equations in the form  $ax + by + c = 0$  and indicate the values of  $a, b$  and  $c$  in each case:

$$(i) 2x + 3y = 4.37 \quad (ii) x - 4 = \sqrt{3}y \quad (iii) 4 = 5x - 3y \quad (iv) 2x = y$$

**Solution :** (i)  $2x + 3y = 4.37$  can be written as  $2x + 3y - 4.37 = 0$ . Here  $a = 2, b = 3$  and  $c = -4.37$ .

(ii) The equation  $x - 4 = \sqrt{3}y$  can be written as  $x - \sqrt{3}y - 4 = 0$ . Here  $a = 1, b = -\sqrt{3}$  and  $c = -4$ .

(iii) The equation  $4 = 5x - 3y$  can be written as  $5x - 3y - 4 = 0$ . Here  $a = 5, b = -3$  and  $c = -4$ . Do you agree that it can also be written as  $-5x + 3y + 4 = 0$ ? In this case  $a = -5, b = 3$  and  $c = 4$ .

సమీకరణాన్ని సాధించేటప్పుడు, మనం ఎల్లప్పుడూ ఈ క్రింది అంశాలను గుర్తుంచుకోవాలి:

రేఖలు సమీకరణం సాధన ప్రభావితం కాదు, ఎప్పుడంటే

1. ఒకే సంబ్యును సమీకరణం ఇరువైపుల కూడినా (లేక తీసివేసినా),

2. సున్నాకు సమానం కాని ఒక సంబ్యును సమీకరణం రెండువైపులా పోచ్చించినా, లేక భాగించినా.

ఇప్పుడు మనం క్రింద తెలిపిన సందర్భాన్ని పరిశీలిద్దాం.

నాగపూర్వీ ఇండియా శ్రేలంకకు మధ్య జరిగిన ఒక రోజు అంతర్జాతీయ క్రికెట్ మ్యాచ్‌లో ఇద్దరు ఆటగాళ్ళు కలిసి 176 పరుగులు చేసారు. ఈ దత్తాంశాన్ని ఒక సమీకరణంగా వ్యక్తపరచండి.

ఇచ్చట, ఆటగాళ్ళకి ఇరువురి సోక్కర్ తెలియదు. అనగా రెండు తెలియని రాశులుగలవు. వీటిని సూచించుటకు  $x$  మరియు  $y$  లను ఉపయోగిద్దాం. అందులో ఒక ఆటగాడు తీసిన పరుగులు  $x$  గాను, మరొక ఆటగాడు తీసిన పరుగులు  $y$  గాను అనుకొనిన పై సమాచారాన్ని

$$x + y = 176,$$

అని రాయవచ్చు.

ఇది రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణానికి ఉదాహరణ. సాధారణంగా చరరాశులను  $x$  మరియు  $y$ లచే సూచించడం సాంప్రదాయమైనప్పటికీ, ఇతర అక్కరాలను కూడా వాడవచ్చు. రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణాలకు కొన్ని ఉదాహరణలు:

$$1.2s + 3t = 5, p + 4q = 7, \text{ and } u + 5v = 9 \text{ మరియు } 3 = \sqrt{2}x - 7y.$$

ఇవన్నీ కూడా రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణాలు అవుతాయి. వీటిని వరుసగా,  $1.2s + 3t - 5 = 0, p + 4q - 7 = 0, \text{ and } u + 5v - 9 = 0$  మరియు  $\sqrt{2}x - 7y - 3 = 0$  రూపంలో కూడా రాయవచ్చని గమనించండి.

కాబట్టి, ఏదేవి సమీకరణాన్ని  $ax + by + c = 0$  రూపంలో రాయగలిగితే దానిని రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణం అంటారు. ఇక్కడ  $a, b$  మరియు  $c$  లు వాస్తవ సంబ్యులు, మరియు  $a, b$  లు ఒకేసారి సున్నా కాకూడదు. దీని నుండి ఇలాంటి అనేక సమీకరణాల గురించి మీరు ఆలోచించవచ్చు.

**ఉదాహరణ 1:** క్రింద ఇచ్చిన సమీకరణాలను  $ax + by + c = 0$  రూపంలో రాయండి. ప్రతి సమీకరణము లో  $a, b, c$  ఏలువలను రాయండి.

$$(i) 2x + 3y = 4.37 \quad (ii) x - 4 = \sqrt{3}y \quad (iii) 4 = 5x - 3y \quad (iv) 2x = y$$

**సాధన:**

$$(i) \text{ సమీకరణం } 2x + 3y = 4.37 \text{ ను } 2x + 3y - 4.37 = 0 \text{ గా రాయవచ్చు. ఇందులో } a = 2, b = 3 \text{ మరియు } c = -4.37$$

$$(ii) \text{ సమీకరణం } x - 4 = \sqrt{3}y \text{ ను } x - \sqrt{3}y - 4 = 0 \text{గా రాయవచ్చు. ఇందులో } a = 1, b = \sqrt{3} \text{ మరియు } c = -4$$

$$(iii) \text{ సమీకరణం } 4 = 5x - 3y \text{ ను } 5x - 3y - 4 = 0 \text{గా రాయవచ్చు. ఇందులో } a = 5, b = -3 \text{ మరియు } c = -4$$

$$\text{దీనిని } -5x + 3y + 4 = 0 \text{ అని రాయవచ్చని మీరు అంగేకరిస్తారా? \text{ ఈ సందర్భంలో } a = -5, b = 3 \text{ మరియు } c = 4$$

(iv) The equation  $2x = y$  can be written as  $2x - y + 0 = 0$ . Here  $a = 2$ ,  $b = -1$  and  $c = 0$ .

Equations of the type  $ax + b = 0$  are also examples of linear equations in two variables because they can be expressed as

$$ax + 0.y + b = 0$$

For example,  $4 - 3x = 0$  can be written as  $-3x + 0.y + 4 = 0$ .

**Example 2 :** Write each of the following as an equation in two variables:

$$(i) x = -5 \quad (ii) y = 2 \quad (iii) 2x = 3 \quad (iv) 5y = 2$$

**Solution :** (i)  $x = -5$  can be written as  $1.x + 0.y = -5$ , or  $1.x + 0.y + 5 = 0$ .

(ii)  $y = 2$  can be written as  $0.x + 1.y = 2$ , or  $0.x + 1.y - 2 = 0$ .

(iii)  $2x = 3$  can be written as  $2x + 0.y - 3 = 0$ .

(iv)  $5y = 2$  can be written as  $0.x + 5y - 2 = 0$ .

### EXERCISE 4.1

1. The cost of a notebook is twice the cost of a pen. Write a linear equation in two variables to represent this statement.

(Take the cost of a notebook to be ₹  $x$  and that of a pen to be ₹  $y$ ).

2. Express the following linear equations in the form  $ax + by + c = 0$  and indicate the values of  $a$ ,  $b$  and  $c$  in each case:

$$(i) 2x + 3y = 9.35 \quad (ii) x - \frac{y}{5} - 10 = 0 \quad (iii) -2x + 3y = 6 \quad (iv) x = 3y$$

$$(v) 2x = -5y \quad (vi) 3x + 2 = 0 \quad (vii) y - 2 = 0 \quad (viii) 5 = 2x$$

### 4.3 Solution of a Linear Equation

You have seen that every linear equation in one variable has a unique solution. What can you say about the solution of a linear equation involving two variables? As there are two variables in the equation, a solution means a pair of values, one for  $x$  and one for  $y$  which satisfy the given equation. Let us consider the equation  $2x + 3y = 12$ . Here,  $x = 3$  and  $y = 2$  is a solution because when you substitute  $x = 3$  and  $y = 2$  in the equation above, you find that

$$2x + 3y = (2 \times 3) + (3 \times 2) = 12$$

This solution is written as an ordered pair  $(3, 2)$ , first writing the value for  $x$  and then the value for  $y$ . Similarly,  $(0, 4)$  is also a solution for the equation above.

(iv) సమీకరణం  $2x = y$  ను  $2x - y + 0 = 0$ గా రాయవచ్చు. ఇందులో  $a = 2, b = -1$  మరియు  $c = 0$ .

$ax + b = 0$  రూపంలో సమీకరణాలను  $ax + 0.y + b = 0$  రూపంలో వ్యక్తపరచవచ్చు. కావున వీటిని కూడా రెండు చరరాశులలో రేఖీయ సమీకరణాలకు ఉదాహరణగా తెలపవచ్చు.

ఉదాహరణకు  $4 - 3x = 0$  ను  $-3x + 0.y + 4 = 0$ గా రాయగలం.

**ఉదాహరణ 2 :** క్రిందివాటిని రెండు చరరాశులలో సమీకరణాన్ని రాయండి.

$$(i) x = -5 \quad (ii) y = 2 \quad (iii) 2x = 3 \quad (iv) 5y = 2$$

**సాధన :** (i)  $x = -5$  ని  $1.x + 0.y = -5$ , లేదా  $1.x + 0.y + 5 = 0$  అని రాయవచ్చు

(ii)  $y = 2$  ని  $0.x + 1.y = 2$ , లేదా  $0.x + 1.y - 2 = 0$  అని రాయవచ్చు

(iii)  $2x = 3$  ని  $2x + 0.y - 3 = 0$  అని రాయవచ్చు

(iv)  $5y = 2$  ని  $0.x + 5y - 2 = 0$  అని రాయవచ్చు.

### అభ్యాసం 4.1

1. ఒక నోటు పుస్తకం వెల పెన్న ఖరీదు కన్నా రెండు రెట్లు. ఈ వాక్యాన్ని రెండు చరరాశులలో రేఖీయ సమీకరణంలో రాయండి.

(నోటు పుస్తకం వెల రూ $x$  మరియు పెన్ రూ $y$  అనుకొనుము).

2. క్రింది రేఖీయ సమీకరణాలను  $ax + by + c = 0$  రూపంలో రాసి, ప్రతి సందర్భంలో  $a, b, c$  విలువలను తెలపండి.

$$(i) 2x + 3y = 9.35 \quad (ii) x - \frac{y}{5} - 10 = 0 \quad (iii) -2x + 3y = 6 \quad (iv) x = 3y$$

$$(v) 2x = -5y \quad (vi) 3x + 2 = 0 \quad (vii) y - 2 = 0 \quad (viii) 5 = 2x$$

### 4.3 రేఖీయ సమీకరణం సాధన

ఏక చరరాశి రేఖీయ సమీకరణమునకు ఏకైక సాధన ఉండని మీరు గమనించారు. రెండు చరరాశులు గల రేఖీయ సమీకరణం యొక్క సాధన గురించి నీవు ఏమి చెప్పగలవు? ఇచ్చట రెండు చరరాశులు ఉండుట చేత రేఖీయ సమీకరణంను తృప్తిపరిచే  $x$  మరియు  $y$  విలువల జతను దాని సాధన అంటాం. సమీకరణం  $2x + 3y = 12$  ను తీసుకుండాం. ఇక్కడ  $x = 3$  మరియు  $y = 2$  దాని సాధన అవుతుంది. ఎందుకనగా  $x = 3$  మరియు  $y = 2$  లను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించగా

$$2x + 3y = (2 \times 3) + (3 \times 2) = 12 \text{ అని మీరు కనుక్కుంటారు.}$$

ఈ సాధనను మొదట  $x$  విలువను, తదుపరి  $y$  విలువను తీసుకొని  $(3, 2)$  అను క్రమయుగ్గంచుగా రాయవచ్చు. అదేవిధంగా  $(0, 4)$  అనునది కూడా పై సమీకరణానికి ఒక సాధన అవుతుంది.

On the other hand,  $(1, 4)$  is not a solution of  $2x + 3y = 12$ , because on putting  $x = 1$  and  $y = 4$  we get  $2x + 3y = 14$ , which is not 12. Note that  $(0, 4)$  is a solution but not  $(4, 0)$ .

You have seen at least two solutions for  $2x + 3y = 12$ , i.e.,  $(3, 2)$  and  $(0, 4)$ . Can you find any other solution? Do you agree that  $(6, 0)$  is another solution? Verify the same. In fact, we can get many many solutions in the following way. Pick a value of your choice for  $x$  (say  $x = 2$ ) in  $2x + 3y = 12$ . Then the equation reduces to  $4 + 3y = 12$ , which is a linear equation in one variable. On solving this, you get  $y = \frac{8}{3}$ . So  $(2, \frac{8}{3})$  is another solution of  $2x + 3y = 12$ . Similarly, choosing  $x = -5$ , you find that the equation becomes  $-10 + 3y = 12$ . This gives  $y = \frac{22}{3}$ . So,  $(-5, \frac{22}{3})$  is another solution of  $2x + 3y = 12$ . So there is no end to different solutions of a linear equation in two variables. That is, *a linear equation in two variables has infinitely many solutions.*

**Example 3 :** Find four different solutions of the equation  $x + 2y = 6$ .

**Solution :** By inspection,  $x = 2, y = 2$  is a solution because for  $x = 2, y = 2$

$$x + 2y = 2 + 4 = 6$$

Now, let us choose  $x = 0$ . With this value of  $x$ , the given equation reduces to  $2y = 6$  which has the unique solution  $y = 3$ . So  $x = 0, y = 3$  is also a solution of  $x + 2y = 6$ . Similarly, taking  $y = 0$ , the given equation reduces to  $x = 6$ . So,  $x = 6, y = 0$  is a solution of  $x + 2y = 6$  as well. Finally, let us take  $y = 1$ . The given equation now reduces to  $x + 2 = 6$ , whose solution is given by  $x = 4$ . Therefore,  $(4, 1)$  is also a solution of the given equation. So four of the infinitely many solutions of the given equation are:

$$(2, 2), (0, 3), (6, 0) \text{ and } (4, 1).$$

**Remark :** Note that an easy way of getting a solution is to take  $x = 0$  and get the corresponding value of  $y$ . Similarly, we can put  $y = 0$  and obtain the corresponding value of  $x$ .

**Example 4 :** Find two solutions for each of the following equations:

- (i)  $4x + 3y = 12$
- (ii)  $2x + 5y = 0$
- (iii)  $3y + 4 = 0$

**Solution :** (i) Taking  $x = 0$ , we get  $3y = 12$ , i.e.,  $y = 4$ . So,  $(0, 4)$  is a solution of the given equation. Similarly, by taking  $y = 0$ , we get  $x = 3$ . Thus,  $(3, 0)$  is also a solution.

కానీ,  $(1, 4)$  అనునది  $2x + 3y = 12$  నకు సాధన కాదు.  $x = 1$  మరియు  $y = 4$  లను ప్రతిక్షేపించిన  $2x + 3y = 14$  పొందుతాం, అది 12కు సమానం కాదు.  $(0, 4)$  అనేది సాధన, కానీ  $(4, 0)$  కాదు అని గమనించండి.

$2x + 3y = 12$  నకు కనీసం రెండు సాధనలను మీరు చూసారు. అవి  $(3, 2)$  మరియు  $(0, 4)$ . ఇంకా ఏమైనా సాధనలు కనుక్కోగలరా?  $(6, 0)$  మరో సాధన అవుతుందని మీరు అంగీకరిస్తారా? పైవిధంగా పరిశీలించండి. నిజానికి, ఈ పద్ధతి ప్రకారం అనేక సాధనలు పొందుతాము.  $2x + 3y = 12$  నందు  $x$  కొరకు ఏదేని ఒక విలువను తీసుకోండి. ( $x = 2$  అనుకొనిన), అప్పుడు సమీకరణం  $4 + 3y = 12$  గా ఏక చరరాశి రేఖలు సమీకరణంగా మారుతుంది. దీన్ని సాధించిన  $y = \frac{8}{3}$  వచ్చును. కావున  $\left( 2, \frac{8}{3} \right)$  అనునది  $2x + 3y = 12$  నకు ఇంకాక సాధన అవుతుంది. అదేవిధంగా  $x = -5$  అయిన, సమీకరణం  $-10 + 3y = 12$  గా మారుతుంది. అది  $y = \frac{22}{3}$  అవుతుంది. కావున  $\left( -5, \frac{22}{3} \right)$  అనునది  $2x + 3y = 12$  నకు ఇంకాక సాధన. కావున, రెండు చరరాశులు గల రేఖలు సమీకరణం విభిన్న సాధనలకు అంతరం ఉండదు. అనగా రెండు చరరాశులు గల ఒక రేఖలు సమీకరణానికి అనంతమైన సాధనలు ఉంటాయి.

**ఉదాహరణ 3 :**  $x + 2y = 6$  సమీకరణానికి నాలుగు విభిన్న సాధనలను కనుగొనండి.

**సాధన :** ఇచ్చిన సమీకరణాన్ని పరిశీలించిన తర్వాత  $x = 2$  మరియు  $y = 2$  అనేది ఒక సాధన అవుతుంది.

ఎందుకనగా  $x = 2, y = 2$  లకు

$$x + 2y = 2 + 4 = 6 \text{ అవుతుంది.}$$

ఇప్పుడు మనం  $x = 0$  గా తీసుకుందాం. అప్పుడు ఇచ్చిన సమీకరణం  $2y = 6$ గా మారుట వలన  $y = 3$  అనేది ఏకైక సాధన అవుతుంది. కావున  $x = 0, y = 3$  అనునది  $x + 2y = 6$  నకు కూడా ఒక సాధన. అదేవిధంగా  $y = 0$  అయిన  $x = 6$  అగును. కావున  $x = 6, y = 0$  అనునది  $x + 2y = 6$  నకు ఒక సాధన. చివరిగా  $y = 1$  తీసుకుందాం. ఇచ్చిన సమీకరణం  $x + 2 = 6$ , గా మారడం వలన  $x = 4$  వస్తుంది.  $(4, 1)$  కూడా ఇచ్చిన సమీకరణానికి ఒక సాధన.

కాబట్టి,  $(2, 2), (0, 3), (6, 0)$  మరియు  $(4, 1)$  పై సమీకరణానికి అనంత సాధనాలలో నాలుగు సాధనలు అవుతాయి.

**సూచిక:** ఇచ్చిన సమీకరణానికి సులభంగా సాధనా విలువల జతను పొందుటకు  $x = 0$  గా తీసుకొని సంబంధింత  $y$  విలువను, అలాగే  $y = 0$  గా తీసుకొని సంబంధిత  $x$  విలువను సులభంగా కనుక్కోవచ్చు.

**ఉదాహరణ 4 :** క్రింద ఇచ్చిన సమీకరణానికి రెండేసి సాధనలను కనుగొనండి.

- (i)  $4x + 3y = 12$
- (ii)  $2x + 5y = 0$
- (iii)  $3y + 4 = 0$

**సాధన :** (i)  $x = 0$  గా తీసుకొనిన మనకు  $3y = 12$  వస్తుంది. కావున  $y = 4$  సమీకరణంకు  $(0, 4)$  ఒక సాధన. అదేవిధంగా  $y = 0$  అని తీసుకొనిన మనకు  $x = 3$  వస్తుంది. అందువలన  $(3, 0)$  కూడా ఒక సాధన.

(ii) Taking  $x = 0$ , we get  $5y = 0$ , i.e.,  $y = 0$ . So  $(0, 0)$  is a solution of the given equation. Now, if you take  $y = 0$ , you again get  $(0, 0)$  as a solution, which is the same as the earlier one. To get another solution, take  $x = 1$ , say. Then you can check that the corresponding value of  $y$  is  $-\frac{2}{5}$ .

So  $\left(1, -\frac{2}{5}\right)$  is another solution of  $2x + 5y = 0$ .

(iii) Writing the equation  $3y + 4 = 0$  as  $0 \cdot x + 3y + 4 = 0$ , you will find that  $y = -\frac{4}{3}$  for any value of  $x$ . Thus, two solutions can be given as  $\left(0, -\frac{4}{3}\right)$  and  $\left(1, -\frac{4}{3}\right)$ .

## EXERCISE 4.2

1. Which one of the following options is true, and why?

$$y = 3x + 5 \text{ has}$$

- (i) a unique solution, (ii) only two solutions, (iii) infinitely many solutions

2. Write four solutions for each of the following equations:

(i)  $2x + y = 7$  (ii)  $x + y = 9$  (iii)  $x = 4y$

3. Check which of the following are solutions of the equation  $x - 2y = 4$  and which are not:

- (i)  $(0, 2)$  (ii)  $(2, 0)$  (iii)  $(4, 0)$   
 (iv)  $\sqrt{2}, 4\sqrt{2}$  (v)  $(1, 1)$

4. Find the value of  $k$ , if  $x = 2, y = 1$  is a solution of the equation  $2x + 3y = k$ .

## 4.4 Summary

In this chapter, you have studied the following points:

- An equation of the form  $ax + by + c = 0$ , where  $a, b$  and  $c$  are real numbers, such that  $a$  and  $b$  are not both zero, is called a linear equation in two variables.
- A linear equation in two variables has infinitely many solutions.
- Every point on the graph of a linear equation in two variables is a solution of the linear equation. Moreover, every solution of the linear equation is a point on the graph of the linear equation.

(ii)  $x = 0$  గా తీసుకొనిన మనకు  $5y = 0$  వస్తుంది. అంటే  $y = 0$  కావున ఇచ్చిన సమీకరణానికి  $(0, 0)$  ఒక సాధన అవుతుంది. అదేవిధంగా  $y = 0$  అని తీసుకొనిన మనకు  $x = 0$  వస్తుంది. మరల సమీకరణంకు  $(0, 0)$  ఒక సాధన అవుతుంది.

ఇది మునుపటి మాదిరిగానే ఉంది. మరొక సాధన కోసం  $x = 1$ ని తీసుకోండి. అప్పుడు  $y$  యొక్క విలువ  $= -\frac{2}{5}$ . అని

సరిచూడవచ్చు. అందువలన  $\left(1, -\frac{2}{5}\right)$  సమీకరణంకు మరొక సాధన అవుతుంది.

(iii) ఇచ్చిన సమీకరణం  $3y + 4 = 0$  ను  $0.x + 3y + 4 = 0$  గా రాసిన  $x$  యొక్క ఏదైనా విలువకు  $y = -\frac{4}{3}$  అని

కనుగొనవచ్చు. ఆవిధంగా  $\left[0, -\frac{4}{3}\right]$  మరియు  $\left[1, -\frac{4}{3}\right]$  అనే రెండు సాధనలు ఇవ్వవచ్చు

## అభ్యాసం 4.2

1. క్రింది వానిలో సరియైనది ఏది? ఎందుకు?

రేఖలు సమీకరణం  $y = 3x + 5$  నకు

(i) ఏకైక సాధన ఉంటుంది      (ii) రెండు సాధనలు మాత్రమే ఉంటాయి      (iii) అనంత సాధనలు ఉంటాయి

2. క్రింది సమీకరణాలకు ఒక్కాక్కు దానికి నాలుగేసి సాధనలు రాయండి.

(i)  $2x + y = 7$     (ii)  $x + y = 9$     (iii)  $x = 4y$

3. క్రింది వానిలో  $x - 2y = 4$  సమీకరణానికి సాధనలు ఏవి? ఏవి కావు?

(i)  $(0, 2)$       (ii)  $(2, 0)$       (iii)  $(4, 0)$

(iv)  $\sqrt{2}, 4\sqrt{2}$     (v)  $(1, 1)$

4.  $x = 2, y = 1$  అనేవి  $2x + 3y = k$  నకు సాధన అయితే  $k$  విలువ కనుగొనండి.

## 4.4 సొరాంశం :

ఈ అధ్యాయంలో క్రింద ఇవ్వబడిన అంశాల గురించి నేర్చుకున్నాం.

- రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణం సాధారణ రూపం  $ax + by + c = 0$ ,  $a, b$  మరియు  $c$  వాస్తవ సంఖ్యలు మరియు  $a, b$  లు రెండూ ఒకేసారి సున్నాలు కావు.
- రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణానికి అనంత సాధనలు ఉంటాయి.
- రేఖా చిత్రంపై గల ప్రతి బిందువు రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణానికి ఒక సాధన అవుతుంది. అంతేకాకుండా రెండు చరరాశులలో రేఖలు సమీకరణానికి ప్రతి సాధన రేఖా చిత్రం పై ఒక బిందువు అవుతుంది.



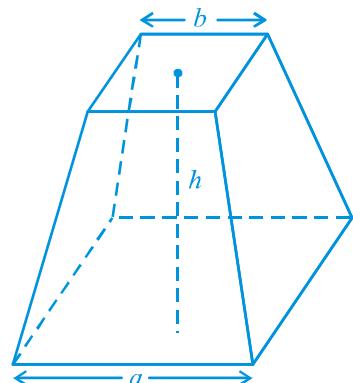
## CHAPTER 5

## INTRODUCTION TO EUCLID'S GEOMETRY

## 5.1 Introduction

The word ‘geometry’ comes from the Greek words ‘geo’, meaning the ‘earth’, and ‘metrein’, meaning ‘to measure’. Geometry appears to have originated from the need for measuring land. This branch of mathematics was studied in various forms in every ancient civilisation, be it in Egypt, Babylonia, China, India, Greece, the Incas, etc. The people of these civilisations faced several practical problems which required the development of geometry in various ways.

For example, whenever the river Nile overflowed, it wiped out the boundaries between the adjoining fields of different land owners. After such flooding, these boundaries had to be redrawn. For this purpose, the Egyptians developed a number of geometric techniques and rules for calculating simple areas and also for doing simple constructions. The knowledge of geometry was also used by them for computing volumes of granaries, and for constructing canals and pyramids. They also knew the correct formula to find the volume of a truncated pyramid (see Fig. 5.1). You know that a pyramid is a solid figure, the base of which is a triangle, or square, or some other polygon, and its side faces are triangles converging to a point at the top.



**Fig. 5.1 :** A Truncated Pyramid



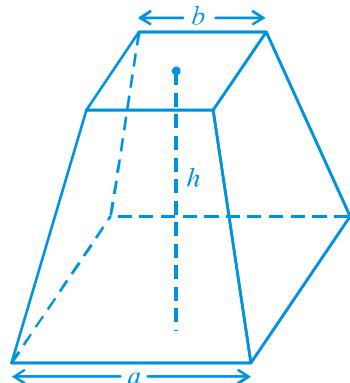
అధ్యాయం 5

## యూక్లిడ్ జ్యామితి పరిచయం

### 5.1 పరిచయం

‘జ్యామెట్రీ’ (Geometry) అను అంగ్లపదం “జియో” (geo) అనగా భూమి మరియు “మెట్రాన్” (metrein) అనగా కొలుచుట అనే గ్రీకు పదాల నుండి గ్రహించబడింది. జ్యామితి అనేది భూ కొలతలు కొలుచుటకు ఉధ్వవించిందిగా భావించవచ్చు. ఈజీప్టు, బాబిలోనియా, చైనా, భారత్, గ్రీసు యొక్క ప్రాచీన నాగరికతలలో గణితశాస్త్రంలోని ఒక శాఖ అయిన జ్యామితి అనేక రూపాలలో అధ్యయనం చేయబడింది. జ్యామితి వివిధ మార్గాల ద్వారా అభివృద్ధి చెందుటకు ఆవశ్యకమైన అనేక ఆవరణాత్మక సమస్యలను ఈ నాగరికతలకు చెందిన ప్రజలు ఎదుర్కొన్నారు.

ఉదాహరణకు నైలునది పొంగినవ్యుదల్లా భూ యజమానుల ప్రక్క ప్రక్క పొలాల హద్దులు తుడిచిపెట్టుకుపోయేవి. ఆ వరదల తర్వాత మరలా వాటిని పునఃనిర్మించ వలసి వచ్చేది. ఇటువంటి సమస్యలను అధిగమించుటకు, సాధారణ వైశాల్యాలను లెక్కించుటకు, సాధారణ నిర్మాణాలను నిర్మించుటకు ఈజీప్టియన్లు అనేక రకాలైన రేఖాగణిత పద్ధతులు, నియమాలను అభివృద్ధి చేశారు. ధాన్యగారాల పరిమాణం లెక్కించుటకు, కాలుపలు, పిరమిడు నిర్మించుటకు ఈజీప్టియన్లకు ఈ రేఖాగణిత జ్ఞానం ఉపయోగపడింది. అంతేకాకుండా స్క్రేన సూత్రం ఆధారంగా ట్రిన్యూట్డ్ పిరమిడ్ (పటం 5.1 చూడండి) ఘనపరిమాణం కనుగొనుట కూడా వీరికి తెలుసు. పిరమిడ్ అనునది ఒక ఘనాకృతి అని మీకు తెలుసు. దీని భూమి త్రిభుజాకారంలో గాని లేదా చతురస్రాకారంలో గాని లేదా ఏదైనా ఒక బహుభుజి ఆకారంలో ఉంటూ దాని ప్రక్క తలాలు త్రిభుజాకారంలో ఉండి పైన ఒక శీర్షం వద్ద కలుస్తాయి .



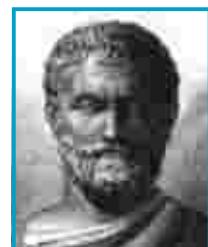
పటం 5.1: ట్రిన్యూట్డ్ పిరమిడ్

In the Indian subcontinent, the excavations at Harappa and Mohenjo-Daro, etc. show that the Indus Valley Civilisation (about 3000 BCE) made extensive use of geometry. It was a highly organised society. The cities were highly developed and very well planned. For example, the roads were parallel to each other and there was an underground drainage system. The houses had many rooms of different types. This shows that the town dwellers were skilled in mensuration and practical arithmetic. The bricks used for constructions were kiln fired and the ratio length : breadth : thickness, of the bricks was found to be 4 : 2 : 1.

In ancient India, the *Sulbasutras* (800 BCE to 500 BCE) were the manuals of geometrical constructions. The geometry of the Vedic period originated with the construction of altars (or *vedis*) and fireplaces for performing Vedic rites. The location of the sacred fires had to be in accordance to the clearly laid down instructions about their shapes and areas, if they were to be effective instruments. Square and circular altars were used for household rituals, while altars whose shapes were combinations of rectangles, triangles and trapeziums were required for public worship. The *sriyantra* (given in the *Atharvaveda*) consists of nine interwoven isosceles triangles. These triangles are arranged in such a way that they produce 43 subsidiary triangles. Though accurate geometric methods were used for the constructions of altars, the principles behind them were not discussed.

These examples show that geometry was being developed and applied everywhere in the world. But this was happening in an unsystematic manner. What is interesting about these developments of geometry in the ancient world is that they were passed on from one generation to the next, either orally or through palm leaf messages, or by other ways. Also, we find that in some civilisations like Babylonia, geometry remained a very practical oriented discipline, as was the case in India and Rome. The geometry developed by Egyptians mainly consisted of the statements of results. There were no general rules of the procedure. In fact, Babylonians and Egyptians used geometry mostly for practical purposes and did very little to develop it as a systematic science. But in civilisations like Greece, the emphasis was on the *reasoning* behind why certain constructions work. The Greeks were interested in establishing the truth of the statements they discovered using deductive reasoning (see Appendix 1).

A Greek mathematician, Thales is credited with giving the first known proof. This proof was of the statement that a circle is bisected (i.e., cut into two equal parts) by its diameter. One of Thales' most famous pupils was Pythagoras (572 BCE), whom you have heard about. Pythagoras and his group discovered many geometric properties and developed the theory of geometry to a great extent. This process continued till 300 BCE. At that time Euclid, a teacher of mathematics at Alexandria in Egypt, collected all the known work and arranged it in his famous treatise



Thales  
(640 BCE – 546 BCE)  
Fig. 5.2

భారత ఉపభండంలోని హరప్పు, మొహంజదారో మొదలగు ప్రాంతాలలో జరువబడిన త్రివ్యకాలలో బయల్పుడిన నాటి నుండి సింధులోయ నాగరికత ప్రజలు (క్రీ.పూ. 3000) జ్యామితిని విస్తృతంగా ఉపయోగించినట్లు తెలిస్తున్నది. అది ఒక ఉన్నతమైన వ్యవస్థీకృత సమాజం. అక్కడ పట్టణాలు ప్రణాళికాబద్ధంగా, బాగా అభివృద్ధి చెందినవి. ఒకదానికాకటి సమాంతరంగా ఉన్న రహదారులు, భూగర్జు మురుగునీటి వ్యవస్థ దీనికి ఉదాహరణలుగా చెప్పవచ్చు. వివిధ రకాలుగా ఉన్న అనేక గదులతో కూడిన గృహ నిర్మాణాలు కలవు. ఇది అక్కడి పట్టణ ప్రజల క్షేత్రమితి, ఆచరణాత్మక అంకగణితములలో గల నైపుణ్యాలను తెలియేచేస్తున్నది. పొడవు, వెడల్పు, మందములు 4:2:1 నిప్పుత్తిలో ఉండునట్లు కొలిమిలో బాగా కాల్పిబడిన ఇటుకలతో కట్టడాలు నిర్మించినట్లు కనుగొనబడింది.

ప్రాచీన భారతదేశంలో శుల్ప సూత్రాలు (క్రీ.పూ. 300 నుండి క్రీ.పూ. 500) ఆధారంగా జ్యామితీయ నిర్మాణాలు కలవు. వేదకాలంలోనే వైదిక ఆచారాలను నిర్వహించుటకు/ఆచరించుటకు గాను యజ్ఞ వాటికలు మరియు హోమ గుండాల నిర్మాణం కొరకు జ్యామితి ఉద్ఘావించింది. ఇవి నమర్థవంతమైన సాధనాలుగా వనిచేయుటకు వోమాగ్ని ఉంచు స్థానానికి అనుగుణంగా వాటి యొక్క ఆకారం, వైశాల్యానికి సంబంధించి స్ఫుర్తమైన సూచనలు ఇవ్వబడ్డాయి. గృహచారాల కొరకు చతుర్స్రాకార, వృత్తాకారంలో ఉన్న హోమగుండాలను ఉపయోగించేవారు. దీర్ఘచతురస్రం, త్రిభుజం, సమలంబ చతుర్యజముల కలయిక ఆకారంలో ఉన్న హోమగుండాలను ప్రజలు ఆరాధనల కొరకు ఉపయోగించేవారు. శ్రీ యంత్ర (అధర్వజ వేదంలో ఇవ్వబడింది) అంతరంగా అల్లిన 9 సమద్విబాహు త్రిభుజాలను కలిగి ఉంటుంది. ఇవి ఒక క్రమపద్ధతిలో అమర్ధబడి 43 అనుబంధ త్రిభుజాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. యజ్ఞ వాటికలు, హోమగుండాల నిర్మాణానికి ఖచ్చితమైన జ్యామితీయ పద్ధతులను ఉపయోగించినప్పటికీ వాటికి సంబంధించిన సూత్రాల గురించి చర్చించలేదు.

పై ఉదాహరణల ద్వారా జ్యామితి అభివృద్ధి జరుగుతూ ప్రపంచం నలుమాలలా వినియోగిస్తున్నట్లు తెలుస్తున్నది. కానీ ఇది అస్తవ్యస్తంగా జరుగుతున్నది. ప్రాచీనకాలంలో ప్రపంచంలో ఈ అంశాలను ఒక తరం నుండి మరొక తరం వారికి మూళికంగా గాని లేదా తాళపత్ర గ్రంథాల ద్వారా గానీ ఇతర పద్ధతుల ద్వారా గానీ జ్యామితిని అందించుట ఆసక్తికరమైన అంశం. బాచిలోనియా, భారతదేశం, రోములలో జ్యామితి చాలా క్రమమైన ఆచరణాత్మకమైన అంశంగా కలదు. ఈజిప్పియన్లు అభివృద్ధి చేసిన జ్యామితిలో కేవలం ఘలితాల ప్రవచనాలు మాత్రమే ఉన్నాయి. ఈ ఘలితాలకు వెనుక గల సాధారణ నియమాలను తెలుపలేదు. నిజానికి బాచిలోనియన్లు, ఈజిప్పియన్లు జ్యామితిని ఆచరణాత్మక ప్రయోజనం కొరకు ఎక్కువగా వినియోగించారు. ఇలా దీనిని ఒక క్రమబద్ధమైన శాస్త్రంగా అభివృద్ధికి చాలా తక్కువ కృషి చేశారు. కాని గ్రీకు వంటి నాగరికతలలో ఆయు కట్టడాల వెనుకగల తార్కికతను, (కారణాలను) తెలుసుకొనుటకు ప్రాధాన్యం ఇచ్చేవారు. గ్రీకులు వారు కనుగొన్న ప్రవచనాల సత్యాలను నిగమన తర్వాం ద్వారా ప్రతిపాదించుటకు ఆసక్తి చూపేవారు. (అనుబంధం-1 చూడండి)

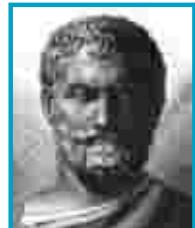
“ఒక వృత్తం దాని యొక్క వ్యాసంచే రెండు భాగములుగా (రెండు సమభాగాలుగా)

విభజింపబడెను” అను ప్రవచనానికి మొట్టమొదట నిరూపణ ఇచ్చిన గ్రీకు గణితవేత్త థేల్స్.

థేల్స్ యొక్క ప్రముఖ శిష్యులలో పైథాగరస్ (క్రీ.పూ. 572) గురించి మీరు వినే ఉంటారు.

పైథాగరస్ అతని బృందం అనేక జ్యామితీయ నియమాలను కనుగొన్నారు. జ్యామితీయ సిద్ధాంతాలను విస్తృతంగా అభివృద్ధి చేశారు. క్రీ.పూ. 300 వరకు వీరి విధానం కొనసాగింది. ఆ సమయంలో

ఈజిప్పులోని అల్గోండ్రియాకు చెందిన “థేల్స్” గణితశాస్త్ర ఉపాధ్యాయుడైన యూక్లిడ్ అతని అధ్యయన థేల్స్ (క్రీ.పూ. 640 – క్రీ.పూ. 546) విషయ పరిజ్ఞానాన్ని సేకరించి, సుప్రసిద్ధ గ్రంథం “ఎలిమెంట్స్” లో పొందుపరిచాడు.



థేల్స్

(క్రీ.పూ. 640 – క్రీ.పూ. 546)

పటం.5.2

called ‘Elements’. He divided the ‘Elements’ into thirteen chapters, each called a book. These books influenced the whole world’s understanding of geometry for generations to come.

In this chapter, we shall discuss Euclid’s approach to geometry and shall try to link it with the present day geometry.



**Euclid (325 BCE – 265 BCE)**

**Fig. 5.3**

## 5.2 Euclid’s Definitions, Axioms and Postulates

The Greek mathematicians of Euclid’s time thought of geometry as an abstract model of the world in which they lived. The notions of point, line, plane (or surface) and so on were derived from what was seen around them. From studies of the space and solids in the space around them, an abstract geometrical notion of a solid object was developed. A solid has shape, size, position, and can be moved from one place to another. Its boundaries are called **surfaces**. They separate one part of the space from another, and are said to have no thickness. The boundaries of the surfaces are **curves** or straight **lines**. These lines end in **points**.

Consider the three steps from solids to points (solids-surfaces-lines-points). In each step we lose one extension, also called a **dimension**. So, a solid has three dimensions, a surface has two, a line has one and a point has none. Euclid summarised these statements as definitions. He began his exposition by listing 23 definitions in Book 1 of the ‘Elements’. A few of them are given below :

1. A **point** is that which has no part.
2. A **line** is breadthless length.
3. The ends of a line are points.
4. A **straight line** is a line which lies evenly with the points on itself.
5. A **surface** is that which has length and breadth only.
6. The edges of a surface are lines.
7. A **plane surface** is a surface which lies evenly with the straight lines on itself.

If you carefully study these definitions, you find that some of the terms like part, breadth, length, evenly, etc. need to be further explained clearly. For example, consider his definition of a point. In this definition, ‘a part’ needs to be defined. Suppose if you define ‘a part’ to be that which occupies ‘area’, again ‘an area’ needs to be defined. So, to define one thing, you need to define many other things, and you may get a long chain of definitions without an end. For such reasons, mathematicians agree to leave

అతడు ‘ఎలిమెంట్స్’ అనే గ్రంథాన్ని 13 పుస్తకాల రూపంలో విభజించాడు. ఈ పుస్తకాలు ప్రపంచ వ్యాప్తంగా తర్వాత తరాల వారు జ్యామితిని అర్థం చేసుకోవడంలో ప్రభావితం చేసాయి. ఈ అధ్యాయంలో మనం యూక్లిడ్ జ్యామితీయ విధానం మరియు ప్రస్తుత జ్యామితిలో దానిని అనుసంధానం చేయుట గురించి చర్చిద్దాం.



యూక్లిడ్ (క్రీ.పూ. 325 – క్రీ.పూ. 265)

పటం 5.3

## 5.2 యూక్లిడ్ నిర్వచనాలు, సామాన్య భావనలు మరియు స్వీకృతాలు

యూక్లిడ్ సమకాలీనులైన గ్రీకు గణితవేత్తలు ‘జ్యామితి’ అనునది తాము జీవిస్తున్న ప్రపంచానికి ఒక అమూర్త నమూనాగా భావించేవారు. తమ చుట్టూ ఉన్న పరిసరాల నుండి బిందువు, రేఖ, తలము (లేదా ఉపరితలం) వంటి అనేక ఊహాజనిత భావనలను (ఉధృవించినవి) పరిసరాలలోని ఘనాలు మరియు అంతరాళం నుండి ఘనాల యొక్క జ్యామితీయ అమూర్త భావన అభివృద్ధి చేయబడింది. ప్రతి ఘనం ఆకారాన్ని పరిమాణాన్ని, స్థితిని కలిగి ఉండి ఒకచోటు నుండి మరొక చోటుకు కదల్చటానికి వీలవుతుంది. దాని హద్దులను తలాలు అంటారు. ఈ తలాలు ఘనంలోని భాగాలను ఒకదాని నుండి మరొక దానిని వేరు చేస్తాయి. ఈ తలాలకు మందం ఉండదు. తలాల యొక్క హద్దులుగా వక్రాలుగాని సరళరేఖలుగాని ఉంటాయి. ఈ రేఖలు బిందువుల వద్ద అంతమవుతాయి.

ఘనాల నుండి బిందువుల పరకు గల మూడు దశలు / సోపానాలను పరిగణించండి. (ఘనాలు-తలాలు-రేఖలు-బిందువులు) ప్రతీ సోపానంలో ఒక మితిని కోల్పోతాయి. కావున ఘనం మూడు మితులను కలిగి ఉంటుంది. తలం రెండు మితులను కలిగి ఉండగా సరళరేఖకు ఒక మితి మాత్రమే ఉంటుంది మరియు బిందువుకు ఎటువంటి మితులు ఉండవు. యూక్లిడ్ ఈ ప్రవచనాలను నిర్వచనాల రూపంలో సంకలనం చేసాడు. అతను ‘ఎలిమెంట్స్’ గ్రంథంలో 1వ పుస్తకంలో 23 నిర్వచనాల జాబితాను తెలియచేసాడు. వాటిలో కొన్ని క్రింద ఇవ్వబడ్డాయి.

1. బిందువు అంటే ఎటువంటి భాగాలు లేనిది.
2. రేఖ అంటే వెడల్పు లేని పొడవు.
3. ఒక రేఖ యొక్క అంతాలు బిందువులు.
4. ఒక సరళరేఖ అంటే దానిమీదే బిందువులను సమంగా / తుల్యంగా కలిగియున్న రేఖ.
5. ఒక తలం అంటే పొడవు మరియు వెడల్పులను మాత్రమే కలిగియున్నది.
6. తలం యొక్క అంచులు సరళ రేఖలు.
7. ఒక సమతలం అంటే పెచ్చు, తగ్గులు లేకుండా (సమంగా) సరళ రేఖలను దానిపై కలిగి ఉండేది.

నీవు జాగ్రత్తగా ఈ నిర్వచనాలను అధ్యయనం చేస్తే స్పష్టంగా మరింత వివరణ ఇవ్వవలసిన పదాలైన భాగం, వెడల్పు, పొడవు, సమానం / తుల్యం మొదలగు వాటిని కనుగొనవచ్చు. ఉదాహరణకు ‘బిందువు’ యొక్క నిర్వచనాన్ని పరిగణించి తీసుకుంటే ఇందులో ‘భాగం’ను నిర్వచించవలసి ఉంది. ఒకవేళ భాగం అను పదాన్ని నిర్వచిస్తే ‘భాగం’ కౌంత ‘వైశాల్యాన్ని’ ఆక్రమిస్తుంది అంటే మరలా వైశాల్యంను గూర్చి స్పష్టతను ఇవ్వాలి. ఈవిధంగా ఒక పదాన్ని నిర్వహించుటకు ఒకటి కన్నా ఎక్కువ పదాలు గూర్చి స్పష్టత ఇవ్వటంలో అనేక పదాల సమాహరాన్ని అంతలేకుండా నిర్వచిస్తూ పోవాలి. అటువంటి కారణాల వలన కొన్ని జ్యామితీయ పదాలను ‘అనిర్వచిత పదాలు’గా వదిలి వేయాలని గణితవేత్తలు అభిప్రాయపడ్డారు.

some geometric terms *undefined*. However, we do have an intuitive feeling for the geometric concept of a point than what the ‘definition’ above gives us. So, we represent a point as a dot, even though a dot has some dimension.

A similar problem arises in Definition 2 above, since it refers to breadth and length, neither of which has been defined. Because of this, a few terms are kept undefined while developing any course of study. So, in geometry, we *take a point, a line and a plane (in Euclid's words a plane surface) as undefined terms*. The only thing is that we can represent them intuitively, or explain them with the help of ‘physical models’.

Starting with his definitions, Euclid assumed certain properties, which were not to be proved. These assumptions are actually ‘obvious universal truths’. He divided them into two types: axioms and postulates. He used the term ‘**postulate**’ for the assumptions that were specific to geometry. Common notions (often called **axioms**), on the other hand, were assumptions used throughout mathematics and not specifically linked to geometry. For details about axioms and postulates, refer to Appendix 1. Some of **Euclid's axioms**, not in his order, are given below :

- (1) Things which are equal to the same thing are equal to one another.
- (2) If equals are added to equals, the wholes are equal.
- (3) If equals are subtracted from equals, the remainders are equal.
- (4) Things which coincide with one another are equal to one another.
- (5) The whole is greater than the part.
- (6) Things which are double of the same things are equal to one another.
- (7) Things which are halves of the same things are equal to one another.

These ‘common notions’ refer to magnitudes of some kind. The first common notion could be applied to plane figures. For example, if an area of a triangle equals the area of a rectangle and the area of the rectangle equals that of a square, then the area of the triangle also equals the area of the square.

Magnitudes of the same kind can be compared and added, but magnitudes of different kinds cannot be compared. For example, a line cannot be compared to a rectangle, nor can an angle be compared to a pentagon.

The 4th axiom given above seems to say that if two things are identical (that is, they are the same), then they are equal. In other words, everything equals itself. It is the justification of the principle of superposition. Axiom (5) gives us the definition of ‘greater than’. For example, if a quantity B is a part of another quantity A, then A can be written as the sum of B and some third quantity C. Symbolically,  $A > B$  means that there is some C such that  $A = B + C$ .

అయితే జ్యామితి భావనలైన ‘బిందువు’ కు పైన ఇచ్చిన నిర్వచనం కంటే మెరుగైన ఊహాజినిత భావన మనకు ఉంది. అందుకే బిందువుకు కొద్ది మితి ఉన్నప్పటికీ ‘చుక్క’ నే బిందువుగా పేర్కొంటాం.

పైన గల 2వ నిర్వచనంలో కూడా ఇటువంటి సమస్య ఉంది. ఆ నిర్వచనంలో పొడవు, వెడల్పులు రెండూ నిర్వచింపబడలేదు. అందువల్ల ఏదేని అధ్యయనంలో పరిమితంగా కొన్ని పదాలు అనిర్వచిత పదాలుగా వదిలి వేయబడ్డాయి. మనం జ్యామితిలో ‘బిందువు రేఖ మరియు తలము’ (యూక్లిడ్ పదాలలో ఊహాజినితలం) లను అనిర్వచిత పదాలుగా స్వీకరిస్తాం. అంటే వాటిని అంతఃబుద్ధితో మాత్రమే వ్యక్తపరచగలం లేదా ‘భౌతిక నమూనాలు’ సహాయంతో వివరించగలం.

యూక్లిడ్ నిర్వచనాల నుండి అతను నిరూపణలు ఇవ్వని ఖచ్చితమైన ధర్మాలను ప్రతిపాదించాడు. నిజానికి ఈ ప్రతిపాదనలు, స్ఫోర్మైన సార్యోత్తమిక సత్యాలు. యూక్లిడ్ వాటిని సామాన్య స్వీకృతాలు మరియు భావనలు అను రెండు రకాలుగా విభజించాడు. నిర్దిష్టమైన జ్యామితీయ ప్రతిపాదనలను స్వీకృతాలు అని తెల్పాడు. జ్యామితికి మాత్రమే కాకుండా గణితశాస్త్రమంతటకీ సంబంధించిన ప్రతిపాదనలను సామాన్య భావనలు అని తెల్పాడు. సామాన్య భావనలు మరియు స్వీకృతాలకు సంబంధించిన వివరాలకు అనుబంధం-1 చూడగలరు. **యూక్లిడ్:** సామాన్య భావనలలో కొన్ని కింద ఇవ్వబడ్డాయి.

- (1) ఒకే రాళికి సమానమైన రాశులు ఒకదానికాకటి సమానాలు.
- (2) సమాన రాశులను, సమాన రాశులను కూడినచో వాటి మొత్తాలు సమానం.
- (3) సమాన రాశులను సమానరాశుల నుండి తీసివేసినచో వాటి శేషాలు సమానం.
- (4) ఒక దానితో మరొకటి ఏకీభవించు రాశులు సమానాలు.
- (5) మొత్తం దానిలో భాగం కంటే పెద్దది.
- (6) సమాన రాశుల రెట్టింపులు సమానాలు.
- (7) సమాన రాశుల సగాలు సమానం.

ఈ ‘సామాన్య భావనలు’ కొన్ని పరిమాణాత్మక విలువలను సూచిస్తాయి. మొదటి సామాన్య భావన సమతల పట్టాలకు వర్తింపబడును. ఊహారణకు ఒక త్రిభుజ వైశాల్యం దీర్ఘచతురస్ర వైశాల్యానికి సమానం మరియు ఆ దీర్ఘచతురస్ర వైశాల్యం చతురస్ర వైశాల్యానికి సమానమైను, అప్పుడు త్రిభుజ వైశాల్యం చతురస్ర వైశాల్యానికి సమానమగును.

ఒకేరకమైన పరిమాణాత్మక విలువలను పోల్చువచ్చు, కూడవచ్చు కానీ వేర్పేరు పరిమాణాత్మక విలువలను పోల్చులేం. ఊహారణకు ఒక రేఖను దీర్ఘచతురస్రంతో పోల్చులేం. ఒక కోణాన్ని పంచబుజితో పోల్చులేం.

పైన తెలుపబడిన 4వ సామాన్య భావనను పరిశీలిస్తే రెండు రాశులు ఒకేలా ఉంటే (అనగా ఆ రెండూ ఒకలాంటివి) అప్పుడు అవి సమానాలు. అనగా ‘ప్రతీ రాళి దానికదే సమానము’ అని చెప్పవచ్చు. ఇది ఆ సామాన్య భావనను ఉన్నతమైనదిగా ఉంచే సమర్థన. ‘అంతకన్నా ఎక్కువు’ పదానికి 5వ సామాన్య భావనలో నిర్వచనం ఇవ్వబడింది. ఊహారణకు B అను రాళి A అను రాళిలో భాగం. అప్పుడు A రాళిని B రాళి మరియు 3వ రాళి C ల మొత్తంగా రాయవచ్చు. గణిత రూపం  $A > B$  అనగా  $A = B + C$  అగునట్లు C అను వేరొకరాళి కలదు.

Now let us discuss **Euclid's five postulates**. They are :

**Postulate 1 :** *A straight line may be drawn from any one point to any other point.*

Note that this postulate tells us that at least one straight line passes through two distinct points, but it does not say that there cannot be more than one such line. However, in his work, Euclid has frequently assumed, without mentioning, that there is a *unique* line joining two distinct points. We state this result in the form of an axiom as follows:

**Axiom 5.1 :** *Given two distinct points, there is a unique line that passes through them.*

How many lines passing through P also pass through Q (see Fig. 5.4)? Only one, that is, the line PQ. How many lines passing through Q also pass through P? Only one, that is, the line PQ. Thus, the statement above is self-evident, and so is taken as an axiom.

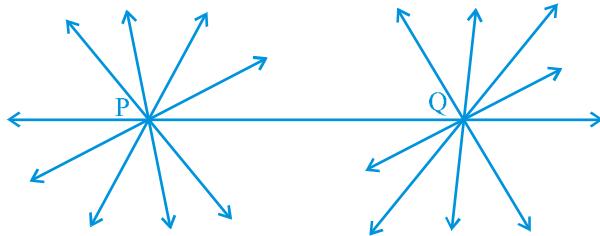


Fig. 5.4

**Postulate 2 :** *A terminated line can be produced indefinitely.*

Note that what we call a line segment now-a-days is what Euclid called a terminated line. So, according to the present day terms, the second postulate says that a line segment can be extended on either side to form a line (see Fig. 5.5).



Fig. 5.5

**Postulate 3 :** *A circle can be drawn with any centre and any radius.*

**Postulate 4 :** *All right angles are equal to one another.*

**Postulate 5 :** *If a straight line falling on two straight lines makes the interior angles on the same side of it taken together less than two right angles, then the two straight lines, if produced indefinitely, meet on that side on which the sum of angles is less than two right angles.*

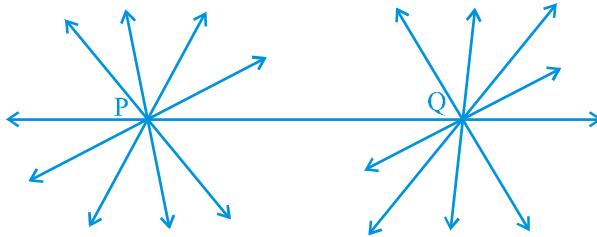
యూక్లిడ్ ర్యూక్టు 5 స్వీకృతాల గూర్చి చర్చించాం. అవి:

**స్వీకృతం-1:** ఏదైనా ఒక బిందువు నుండి వేరాక బిందువునకు ఒక సరళరేఖ గేయవచ్చు.

రెండు వేరేరు బిందువుల గుండా కనీసం ఒక సరళరేఖ ప్రయాణించును అనే విషయాన్ని ఈ స్వీకృతం మనకు తెలుపుతుంది. కానీ ఒకటి కంటే ఎక్కువ రేఖలు ప్రయాణించలేవు అని కూడా ఇది తెలుపటం లేదు. అయితే యూక్లిడ్ అధ్యయనంలో తరచుగా భావించిన “రెండు వేరేరు బిందువులను కలుపుతూపోయే. రేఖ ఏకైకంగా ఉంటుంది. ఈ ఘలితాన్ని మనం సామాన్యభావన రూపంలో క్రిందివిధంగా తెలుపవచ్చు.

**సామాన్య భావన 5.1:** రెండు వేరేరు బిందువుల గుండా పోయేరేఖ ఏకైకంగా ఉంటుంది.

P బిందువు గుండా పోయే ఎన్ని రేఖలు Q బిందువు గుండా పోతాయి? ఒకే ఒక్కటి, అది PQ రేఖ మాత్రమే. Q బిందువు గుండా పోయే ఎన్ని రేఖలు P బిందువు గుండా పోతాయి? ఒకే ఒక్కటి, అది PQ రేఖ మాత్రమే. ఈవిధంగా మైన తెల్పుబడిన ప్రవచనం స్వయం నిర్దేశితమైంది మరియు సామాన్య భావనగా తీసుకోబడింది.



పటం.5.4

**స్వీకృతం-2:** ఒక ఖండిత రేఖను నిరవధికంగా పొడిగించవచ్చు.

ఇప్పుడు మనం ఉపయోగిస్తున్న రేఖాఖండం పదానికి ఒకులుగా యూక్లిడ్ పరిమిత రేఖ అనే పదాన్ని వాడారు. ప్రస్తుత పదజాలం ప్రకారం 2వ స్వీకృతం ఏమనగా ఒక రేఖాఖండాన్ని ఇరువైపులా పొడిగించిన అది సరళరేఖ అవుతుంది (పటం 5.5 చూడండి).



పటం.5.5

**స్వీకృతం-3:** ఇచ్చిన వ్యాసార్థం మరియు కేర్మద్రములతో వృత్తాన్ని గేయవచ్చు.

**స్వీకృతం-4:** ఆన్ని లంబకోణాలు పరస్పరం సమానం.

**స్వీకృతం-5:** రెండు దత్త సరళరేఖలను ఖండించు సరళరేఖ దానికి ఒకేవైపున ఉన్న అంతరకోణాల మొత్తం రెండు లంబకోణాల కన్నా తక్కువగా ఉండునట్లు చేస్తే అప్పుడు దత్త సరళరేఖలను నిరంతరం పొడిగిస్తే అవి రెండు లంబకోణాల కన్నా తక్కువైన మొత్తం గల కోణాల వైపున కలుసుకొంటాయి.

For example, the line PQ in Fig. 5.6 falls on lines AB and CD such that the sum of the interior angles 1 and 2 is less than  $180^\circ$  on the left side of PQ. Therefore, the lines AB and CD will eventually intersect on the left side of PQ.

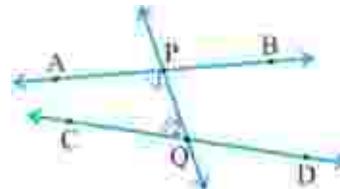


Fig. 5.6

A brief look at the five postulates brings to your notice that Postulate 5 is far more complex than any other postulate. On the other hand, Postulates 1 through 4 are so simple and obvious that these are taken as ‘self-evident truths’. However, it is not possible to prove them. So, these statements are accepted without any proof (see Appendix 1). Because of its complexity, the fifth postulate will be given more attention in the next section.

Now-a-days, ‘postulates’ and ‘axioms’ are terms that are used interchangeably and in the same sense. ‘Postulate’ is actually a verb. When we say “let us postulate”, we mean, “let us make some statement based on the observed phenomenon in the Universe”. Its truth/validity is checked afterwards. If it is true, then it is accepted as a ‘Postulate’.

A system of axioms is called **consistent** (see Appendix 1), if it is impossible to deduce from these axioms a statement that contradicts any axiom or previously proved statement. So, when any system of axioms is given, it needs to be ensured that the system is consistent.

After Euclid stated his postulates and axioms, he used them to prove other results. Then using these results, he proved some more results by applying deductive reasoning. The statements that were proved are called **propositions or theorems**. Euclid deduced 465 propositions in a logical chain using his axioms, postulates, definitions and theorems proved earlier in the chain. In the next few chapters on geometry, you will be using these axioms to prove some theorems.

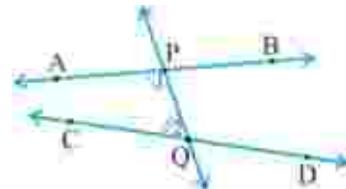
Now, let us see in the following examples how Euclid used his axioms and postulates for proving some of the results:

**Example 1 :** If A, B and C are three points on a line, and B lies between A and C (see Fig. 5.7), then prove that  $AB + BC = AC$ .



Fig. 5.7

ఉదాహరణకు పటం 5.6లో  $PQ$  అనే రేఖ  $AB$  మరియు  $CD$  రేఖలపై తనకు ఎడమవైపున గల 1 మరియు 2 అంతర కోణాల మొత్తం  $180^\circ$  (రెండు లంబకోణాలు) కన్నా తక్కువగునట్లుగా ఖండిస్తుంది. అందువల్ల  $PQ$  కు ఎడమవైపు  $AB$  మరియు  $CD$  రేఖలు చివరికి ఖండించుకొంటాయి.



పటం. 5.6

ఈ 5 స్వీకృతాల సంక్లిష్టరూపం నుండి 5వ స్వీకృతము మిగిలిన స్వీకృతాల కంటే చాలా క్లిష్టమైనదని మీరు గమనించగలరు. ఒకటి నుండి నాలుగు వరకు గల స్వీకృతాలు చాలా సాధారణమైనవి మరియు స్పష్టమైనవి. అందువలన వీటిని స్వయం నిర్దేశిత సత్యాలుగా తీసుకొనబడ్డాయి. అయితే వీటిని నిరూపణ చేయటం సాధ్యం కాదు. కావున ఎటువంటి నిరూపణ లేకుండా ఈ ప్రపచనాలు ఆమోదించబడ్డాయి. (అనుబంధం-1 చూడండి) 5వ స్వీకృతం యొక్క సంక్లిష్టత కారణంగా తదుపరి విభాగంలో మరింత దృష్టి సారించబడింది.

ఈరోజుల్లో ‘స్వీకృతాలు’ మరియు ‘సామాన్య భావనలు’ అను పదాలు ఒకదానికొకటి పరస్పరం ఉపయోగంలో ఉండి సమానార్థక పదాలుగా వాడుకలో కలవు. నిజానికి ‘స్వీకృతం’ అనునది ఒక క్రియ. “విశ్వంలో ఏదైనా ఒక దిగ్విషయాన్ని పరిశీలించి దాని ఆధారంగా కొన్ని ప్రపచనాలను తయారుచేయవచ్చు”. మనం ‘స్వీకృతం’ అను పదాన్ని వాడతాం. దాని విశ్వసనీయత తర్వాత సరిచూసి అది నిజమైతే అప్పడు ఈ దృగ్విషయం స్వీకృత రూపంలో ఆమోదింపబడుతుంది.

ఈ సామాన్య భావనల వ్యవస్థను సంగత వ్యవస్థ అంటారు. (అనుబంధం-1 చూడండి) ఈ సామాన్య భావనల నుండి ఏదైనా సామాన్య భావన లేదా గతంలో నిరూపించబడిన ప్రతిపాదనలకు విరుద్ధమైన ప్రతిపాదన వ్యతిరేకించడం అసాధ్యం అయింది. కావున సామాన్య భావనల వ్యవస్థ ఇచ్చినపుడు అది సంగతమైనదో కాదో సరిచూసుకోవాల్సిన అవసరం ఉంది.

యూక్లిడ్ సామాన్య భావనలు మరియు స్వీకృతాలను ప్రతిపాదించిన తరువాత వీటిని ఇతర ఫలితాలను నిరూపణ చేయడంలో ఉపయోగించాడు. ఈ ఫలితాలను పయోగిస్తూ అతడు మరిన్ని ఫలితాలను నిగమన తర్వాత అన్నయిస్తూ బుఱువు చేసాడు. అలా చేయబడిన ప్రపచనాలను ‘ప్రతిపాదనలు’ లేదా ‘సిద్ధాంతాలు’ అంటారు. యూక్లిడ్ ఒక తార్కిక సమాపోరం నుండి అతనిచే నిరూపించబడిన సామాన్య భావనలు, స్వీకృతాలు, నిర్వచనాలు మరియు సిద్ధాంతాలను ఉపయోగించి 465 ప్రతిపాదనలను తగ్గించాడు. జ్యామితికి సంబంధించిన తరువాత అధ్యాయాల్లో కొన్ని సిద్ధాంతాలను నిరూపణ చేయడానికి ఈ సామాన్య భావనలను ఉపయోగిస్తాం.

యూక్లిడ్ కొన్ని ఫలితాలను నిరూపించడానికి సామాన్య భావనలను మరియు స్వీకృతాలను ఏవిధంగా ఉపయోగించాడో కింద ఇవ్వబడిన ఉదాహరణ ద్వారా పరిశీలించాం.

**ఉదాహరణ 1 :**  $A, B$  మరియు  $C$  అనునవి ఒక రేఖ మీద గల మూడు బిందువులు మరియు  $B$  అనునది  $A$  మరియు  $C$  ల మధ్య ఉంటే (పటం 5.7 చూడండి) అప్పడు  $AB + BC = AC$  అని చూపండి.



పటం.5.7

**Solution :** In the figure given above, AC coincides with AB + BC.

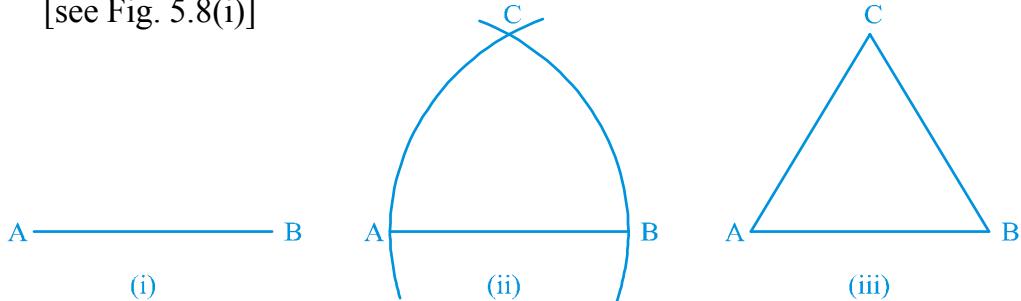
Also, Euclid's Axiom (4) says that things which coincide with one another are equal to one another. So, it can be deduced that

$$AB + BC = AC$$

Note that in this solution, it has been assumed that there is a unique line passing through two points.

**Example 2 :** Prove that an equilateral triangle can be constructed on any given line segment.

**Solution :** In the statement above, a line segment of any length is given, say AB [see Fig. 5.8(i)]



**Fig. 5.8**

Here, you need to do some construction. Using Euclid's Postulate 3, you can draw a circle with point A as the centre and AB as the radius [see Fig. 5.8(ii)]. Similarly, draw another circle with point B as the centre and BA as the radius. The two circles meet at a point, say C. Now, draw the line segments AC and BC to form  $\triangle ABC$  [see Fig. 5.8 (iii)]

So, you have to prove that this triangle is equilateral, i.e.,  $AB = AC = BC$ .

Now,  $AB = AC$ , since they are the radii of the same circle (1)

Similarly,  $AB = BC$  (Radii of the same circle) (2)

From these two facts, and Euclid's axiom that things which are equal to the same thing are equal to one another, you can conclude that  $AB = BC = AC$ .

So,  $\triangle ABC$  is an equilateral triangle.

Note that here Euclid has assumed, without mentioning anywhere, that the two circles drawn with centres A and B will meet each other at a point.

Now we prove a theorem, which is frequently used in different results:

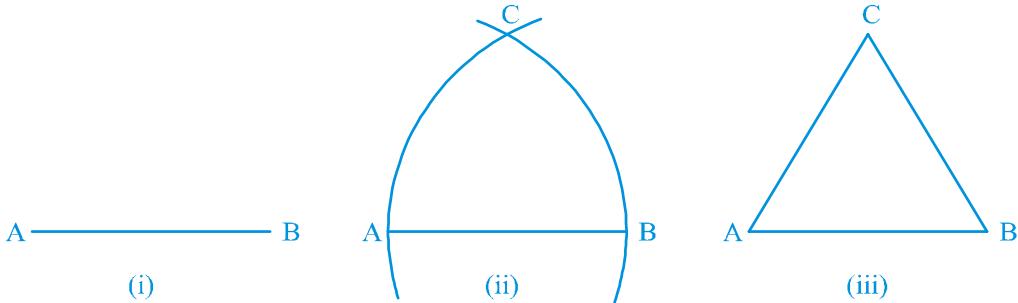
**సాధన :** పైన ఇవ్వబడిన పటం నుండి  $AC$  మరియు  $AB + BC$  లు ఏకీభవించును.

యూక్లిడ్ 4వ సామాన్య భావన ద్వారా “ఒక దానితో మరొకటి ఏకీభవించునవి సమానాలు. కావున  $AB + BC = AC$  అని చెప్పచుచ్చ.

ఇక్కడ మనం రెండు బిందువుల గుండా ఒకే ఒక రేఖ పోవును అని తీసుకొనడాన్ని గమనించండి.

**ఉధారణ 2 :** ఇచ్చిన ఏ రేఖాఖండం పైన అయినా ఒక సమబాహు త్రిభుజం నిర్మించవచ్చు అని నిరూపించండి.

**సాధన :** పై ప్రవచనంలో ఏదేని పొడవు గల ఒక రేఖాఖండము  $AB$  ఇవ్వబడింది. (పటం 5.8 (i) చూడండి)



పటం 5.8

ఇక్కడ మీరు కొంత నిర్మాణం చేయవలసి ఉంది. యూక్లిడ్ 3వ స్వీకృతం నుండి ఇచ్చిన కేంద్రం, వ్యాసార్థాలతో వృత్తాన్ని నిర్మించగలం. కావున  $A$  కేంద్రంగా మరియు  $AB$  వ్యాసార్థంగా ఒక వృత్తాన్ని గీయండి [పటం 5.8(ii) చూడండి]. అదేవిధంగా  $B$  కేంద్రంగా  $BA$  వ్యాసార్థంతో మరొక వృత్తాన్ని గీయండి. ఈ రెండు వృత్తాలు  $C$  వద్ద ఖండించుకుంటాయి.  $C$  ను  $A$  మరియు  $B$  లతో కలుపగా  $\Delta ABC$  ఏర్పడుతుంది [పటంలో 5.8 (iii) చూడండి].

ఇప్పుడు ఈవిధంగా ఏర్పడిన త్రిభుజం సమబాహు త్రిభుజమని నిరూపించాలి. అంటే  $AB = AC = BC$  అని చూపాలి.

$$\text{ఇప్పుడు } AB = AC, \text{ అవి అదే వృత్తం యొక్క వ్యాసార్థాలు కనుక \quad (1)$$

$$\text{అదేవిధంగా } AB = BC \quad (\text{అదే వృత్తం యొక్క వ్యాసార్థాలు}) \quad (2)$$

పై రెండు కారణాలు మరియు యూక్లిడ్ సామాన్య భావనల నుండి “ఒకే రాశులకు సమానమైన రాశులు ఒకదానికి మరొకటి సమానాలు” కావున  $AB = BC = AC$ .

అందువలన  $\Delta ABC$  ఒక సమబాహు త్రిభుజము.

$A$  మరియు  $B$  కేంద్రాలుగా గల వృత్తాలు ఒక బిందువు వద్ద ఖండించుకుంటాయి అనే విషయాన్ని ప్రస్తావించకుండా యూక్లిడ్ తన నిరూపణలో వినియోగించడం గమనించండి.

తరచుగా వేర్పేరు ఫలితాల్లో ఉపయోగించిన ఇంకోక సిద్ధాంత నిరూపణను గమనిధ్యాం.

**Theorem 5.1 :** *Two distinct lines cannot have more than one point in common.*

**Proof :** Here we are given two lines  $l$  and  $m$ . We need to prove that they have only one point in common.

For the time being, let us suppose that the two lines intersect in two distinct points, say  $P$  and  $Q$ . So, you have two lines passing through two distinct points  $P$  and  $Q$ . But this assumption clashes with the axiom that only one line can pass through two distinct points. So, the assumption that we started with, that two lines can pass through two distinct points is wrong.

From this, what can we conclude? We are forced to conclude that two distinct lines cannot have more than one point in common.

### EXERCISE 5.1

1. Which of the following statements are true and which are false? Give reasons for your answers.
  - (i) Only one line can pass through a single point.
  - (ii) There are an infinite number of lines which pass through two distinct points.
  - (iii) A terminated line can be produced indefinitely on both the sides.
  - (iv) If two circles are equal, then their radii are equal.
  - (v) In Fig. 5.9, if  $AB = PQ$  and  $PQ = XY$ , then  $AB = XY$ .



**Fig. 5.9**

2. Give a definition for each of the following terms. Are there other terms that need to be defined first? What are they, and how might you define them?
  - (i) parallel lines
  - (ii) perpendicular lines
  - (iii) line segment
  - (iv) radius of a circle
  - (v) square
3. Consider two ‘postulates’ given below:
  - (i) Given any two distinct points  $A$  and  $B$ , there exists a third point  $C$  which is in between  $A$  and  $B$ .
  - (ii) There exist at least three points that are not on the same line.

Do these postulates contain any undefined terms? Are these postulates consistent? Do they follow from Euclid’s postulates? Explain.

**ఉదాహరణ 5.1:** రెండు వేర్పేరు రేఖలు ఒకటికన్నా ఎక్కువ ఉమ్మడి బిందువులను కలిగి ఉండవు.

**నిరూపణ :** దత్తరేఖలు  $l$  మరియు  $m$  ఏటికి ఒకే ఒక ఉమ్మడి బిందువు ఉంటుందని మనం నిరూపించాలి.

ఆ రెండు రేఖలు రెండు వేర్పేరు బిందువులు  $P$  మరియు  $Q$  ల వద్ద ఖండించుకొంటాయని అనుకోండి. ఇప్పుడు మనకు  $P$  మరియు  $Q$  బిందువుల గుండా పోయే రేఖలు రెండు కలవు. ఇవి స్వీకృతం ‘రెండు వేర్పేరు బిందువుల గుండా పోయే సరళరేఖ ఒకే ఒకటి ఉంటుంది’ కి విరుద్ధంగా ఉంది. రెండు రేఖలు రెండు వేర్పేరు బిందువుల గుండా పోగలవనే మన ఊహా తప్పు.

దీనినుండి మనం ఏమి నిర్ధారించగలం? రెండు వేర్పేరు రేఖలు ఒకటికన్నా ఎక్కువ ఉమ్మడి బిందువులను కలిగి ఉండవని మనం నిర్ధారించవచ్చు.

### అభ్యసం 5.1

- క్రింది ప్రవచనాలు ఏవి సత్యమో ఏవి అసత్యమో తెల్పండి. కారణాలు తెల్పండి.
  - ఒక బిందువు గుండా ఒకే ఒక రేఖ పోవును.
  - రెండు వేర్పేరు బిందువులను కలుపుతూ అనంతమైన రేఖలు ప్రయాణించును.
  - అంతమయ్యే రేఖను రెండువైపులా నిరవధికంగా పొడిగించవచ్చు.
  - రెండు వృత్తాలు సమానమైతే అప్పుడు వాటి వ్యాసార్థాలు సమానమగును.
  - పటం 5.9 నుండి  $AB = PQ$  మరియు  $PQ = XY$  అయినపుడు  $AB = XY$  అగును.



పటం 5.9

- క్రింద ఇవ్వబడిన పదాలను నిర్వచించండి. ఇంకా నిర్వచించాల్సిన పదాలు ఏవైనా ఉన్నాయా? అవి ఏమిటి? వాటిని నీవు ఏవిధంగా నిర్వచిస్తావు?
  - సమాంతర రేఖలు
  - లంబరేఖలు
  - రేఖాఖండం
  - ఒక వృత్తం యొక్క వ్యాసార్థం
  - చతురస్రం
- క్రింద ఇవ్వబడిన రెండు స్వీకృతాలను గమనించండి.
  - $A$  మరియు  $B$  అనేవి రెండు దత్త బిందువులు, వాని మధ్య  $C$  అనే బిందువు ఉంటుంది.
  - ఒకే రేఖ మీద లేకుండా కనీసం మూడు బిందువులైనా ఉంటాయి.

ఇది యూక్లిడ్ స్వీకృతాలను అనుసరించి ఉన్నాయా? వివరించండి.

4. If a point C lies between two points A and B such that  $AC = BC$ , then prove that  $AC = \frac{1}{2}AB$ . Explain by drawing the figure.
5. In Question 4, point C is called a mid-point of line segment AB. Prove that every line segment has one and only one mid-point.
6. In Fig. 5.10, if  $AC = BD$ , then prove that  $AB = CD$ .

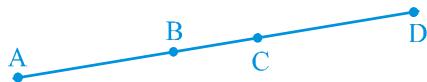


Fig. 5.10

7. Why is Axiom 5, in the list of Euclid's axioms, considered a 'universal truth'? (Note that the question is not about the fifth postulate.)

### 5.3 Summary

In this chapter, you have studied the following points:

1. Though Euclid defined a point, a line, and a plane, the definitions are not accepted by mathematicians. Therefore, these terms are now taken as undefined.
2. Axioms or postulates are the assumptions which are obvious universal truths. They are not proved.
3. Theorems are statements which are proved, using definitions, axioms, previously proved statements and deductive reasoning.
4. Some of Euclid's axioms were :
  - (1) Things which are equal to the same thing are equal to one another.
  - (2) If equals are added to equals, the wholes are equal.
  - (3) If equals are subtracted from equals, the remainders are equal.
  - (4) Things which coincide with one another are equal to one another.
  - (5) The whole is greater than the part.
  - (6) Things which are double of the same things are equal to one another.
  - (7) Things which are halves of the same things are equal to one another.
5. Euclid's postulates were :
 

**Postulate 1 :** A straight line may be drawn from any one point to any other point.

**Postulate 2 :** A terminated line can be produced indefinitely.

**Postulate 3 :** A circle can be drawn with any centre and any radius.

**Postulate 4 :** All right angles are equal to one another.

4.  $AC = BC$  అగునట్లు  $C$  అను బిందువు  $A$  మరియు  $B$  బిందువుల మధ్య గలదు. అయిన  $AC = \frac{1}{2}AB$  అని చూపండి. పటం గీసి వివరించండి.
5. సమస్య 4 లో  $C$  బిందువు  $AB$  రేఖాఖండానికి మధ్య బిందువు. ప్రతీ రేఖాఖండము ఒకేబట మధ్య బిందువును కలిగి ఉంటుందని చూపండి.
6. పటం 5.10 లో  $AC = BD$  అయిన  $AB = CD$  అని చూపండి.



పటం. 5.10

7. యూక్లిడ్ యొక్క సామాన్య భావనల జాబితాలో 5వ సామాన్య భావన ఎందుకు సార్ఫ్యూతిక సత్యంగా పరిగణింపబడింది? (పై సమస్య 5వ స్వీకృతం గూర్చి కాదని గమనించండి)

### 5.3 సారాంశం

ఈ అధ్యాయంలో, క్రింది అంశాలను మీరు అధ్యయనం చేసారు.

1. బిందువు, రేఖ మరియు తలాలను యూక్లిడ్ నిర్వహించినప్పటికీ, ఈ నిర్వచనాలు గణితశాస్త్రజ్ఞులచే ఆమోదింపబడలేదు. అందుచే ఈ పదాలు అనిర్వచిత పదాలుగా పరిగణిస్తాం.
2. స్వీకృతాలనేవి సార్ఫ్యూతిక సత్యాలైన పరికల్పనలు. వీటికి నిరూపణలు ఉండవు.
3. నిర్వచనాలు, స్వీకృతాలు, నిరూపించబడిన ప్రవచనాలు మరియు నిగమన తర్వాన్ని ఉపయోగించి నిరూపించబడిన ప్రవచనాలను సిద్ధాంతాలు అంటారు.
4. యూక్లిడ్ స్వీకృతాలలో సామాన్య భావనలు కొన్ని
  - (1) ఒకేరాళి సమానమైన రాశులు ఒకదానికొకటి సమానం.
  - (2) సమాన రాశులకు, సమాన రాశులను కూడినచో వాటి మొత్తాలు సమానం.
  - (3) సమాన రాశుల నుండి సమాన రాశులను తీసివేసినచో మిగిలినవి సమానం.
  - (4) ఒక దానితో మరికటి ఏకీభవించు రాశులు పరస్పరం సమానాలు.
  - (5) మొత్తం దానిలో భాగం కంటే పెద్దది.
  - (6) సమాన రాశుల రెట్టింపులు ఒకదానికొకటి సమానాలు.
  - (7) సమాన రాశులలో సగాలు ఒకదానికొకటి సమానం.
5. యూక్లిడ్ స్వీకృతాలు :
  - స్వీకృతం 1 : ఏదేని బిందువు నుండి ఏదేని బిందువునకు ఒక సరళరేఖ గీయవచ్చు.
  - స్వీకృతం 2 : గీయబడిన నిర్దిష్ట రేఖను నిరవధికంగా పొడిగించవచ్చు.
  - స్వీకృతం 3 : ఇచ్చిన కేంద్రం మరియు వ్యాసార్థాలతో వృత్తం నిర్మించవచ్చు.
  - స్వీకృతం 4 : అన్ని లంబకోణాలు పరస్పరం సమానాలు.

**CHAPTER 6**

## LINES AND ANGLES

### 6.1 Introduction

In Chapter 5, you have studied that a minimum of two points are required to draw a line. You have also studied some axioms and, with the help of these axioms, you proved some other statements. In this chapter, you will study the properties of the angles formed when two lines intersect each other, and also the properties of the angles formed when a line intersects two or more parallel lines at distinct points. Further you will use these properties to prove some statements using deductive reasoning (see Appendix 1). You have already verified these statements through some activities in the earlier classes.

In your daily life, you see different types of angles formed between the edges of plane surfaces. For making a similar kind of model using the plane surfaces, you need to have a thorough knowledge of angles. For instance, suppose you want to make a model of a hut to keep in the school exhibition using bamboo sticks. Imagine how you would make it? You would keep some of the sticks parallel to each other, and some sticks would be kept slanted. Whenever an architect has to draw a plan for a multistoried building, she has to draw intersecting lines and parallel lines at different angles. Without the knowledge of the properties of these lines and angles, do you think she can draw the layout of the building?

In science, you study the properties of light by drawing the ray diagrams. For example, to study the refraction property of light when it enters from one medium to the other medium, you use the properties of intersecting lines and parallel lines. When two or more forces act on a body, you draw the diagram in which forces are represented by directed line segments to study the net effect of the forces on the body. At that time, you need to know the relation between the angles when the rays (or line segments) are parallel to or intersect each other. To find the height of a tower or to find the distance of a ship from the light house, one needs to know the angle formed between the horizontal and the line of sight. Plenty of



A6G1J7

అధ్యాయం 6

## రేఖలు మరియు కోణాలు

### 6.1 పరిచయం

ఒక రేఖను గీయడానికి కనీసం రెండు బిందువులు అవసరమని మీరు అధ్యాయం 5 లో నేర్చుకున్నారు. మీరు కొన్ని స్థికృతాలను కూడా నేర్చుకున్నారు మరియు ఆ స్థికృతాల సహాయంతో కొన్ని ప్రవచనాలను కూడా నిరూపించారు. ఈ అధ్యాయంలో రెండు రేఖలు ఒకదానికాకటి ఖండించికొన్నప్పుడు ఏర్పడిన కోణాల ధర్మాలు మరియు ఒక రేఖ రెండు లేదా అంత కంటే ఎక్కువ సమాంతర రేఖలను విభిన్న బిందువుల వద్ద ఖండించినప్పుడు ఏర్పడే కోణాల ధర్మాలను కూడా నేర్చుకుంటారు. ఇంకా మీరు నిగమన తార్కికం ద్వారా కొన్ని ప్రవచనాలను నిరూపించడానికి ముందు ముందు ఈ ధర్మాలను ఉపయోగిస్తారు (అనుబంధం-1 చూడండి). క్రింది తరగతులలో మీరు ఇప్పటికే ఈ ప్రవచనాలను కొన్ని కృత్యాల ద్వారా నిరూపించారు.

మీ నిత్య జీవితంలో సమతలాల అంచుల మధ్య ఏర్పడే వివిధ రకాల కోణాలను చూస్తుంటారు. సమతలాలను పయోగించి ఇదే విధమైన సమూహాను తయారు చేయడానికి మీరు కోణాల గురించి పూర్తి అవగాహన కలిగి ఉండాలి. ఉదాహరణకు, మీరు మీ పాతళాల ఎగ్గిబిషన్లో వెదురు పుల్లలతో ఒక గుడిసే సమూహాను తయారు చేయాలను కుండాం. మీరు దీనిని ఎలా తయారు చేస్తారో? ఊహించండి? మీరు కొన్ని పుల్లలను ఒకదానికాకటి సమాంతరంగా ఉంచి మరియు కొన్ని పుల్లలను ఏటవాలుగా ఉంచుతారు. బహుళాలంతస్థిల భవనం సమూహా గీయడానికి ఒక వాస్తుశిల్పి ఖండన రేఖలు మరియు విభిన్న కోణాల వద్ద సమాంతర రేఖలను గీయవలసి వస్తుంది. రేఖలు మరియు కోణాల ధర్మాల అవగాహన లేకుండా ఆమె భవనం యొక్క సమూహా గీయగలరని మీరు అనుకుంటున్నారా?

మీరు విజ్ఞానశాస్త్రంలో కాంతి రేఖా చిత్రాలను గీయడం ద్వారా కాంతి ధర్మాలను అధ్యయనం చేస్తారు. ఉదాహరణకు, కాంతి ఒక యానకం నుండి మరొక యానకంలోనికి ప్రవేశించినప్పుడు వక్రీభవన ధర్మాన్ని అధ్యయనం చేయడానికి మీరు ఖండన రేఖలు, సమాంతర రేఖల ధర్మాలను ఉపయోగిస్తారు. ఒక వస్తువుపై రెండు లేదా అంతకంటే ఎక్కువ బలాలు పనిచేసినప్పుడు ఫలిత బలాన్ని అధ్యయనం చేయడానికి మీరు బలాలను దిశాత్మక రేఖాఖండాలతో సూచించే చిత్రాన్ని గీస్తారు. అప్పుడు కిరణాలు (రేఖా ఖండాలు) ఒకదానికాకటి సమాంతరంగా లేక పరస్పరం ఖండించుకున్నప్పుడు కోణాల మధ్య సంబంధాన్ని మీరు తెలుసుకోవాల్సిన అవసరం ఉంది. టవర్ యొక్క ఎత్తును కనుగొనడానికి లేదా లైట్ హౌస్ నుండి ఓడ యొక్క దూరాన్ని కనుగొనడానికి క్లితిజి

other examples can be given where lines and angles are used. In the subsequent chapters of geometry, you will be using these properties of lines and angles to deduce more and more useful properties.

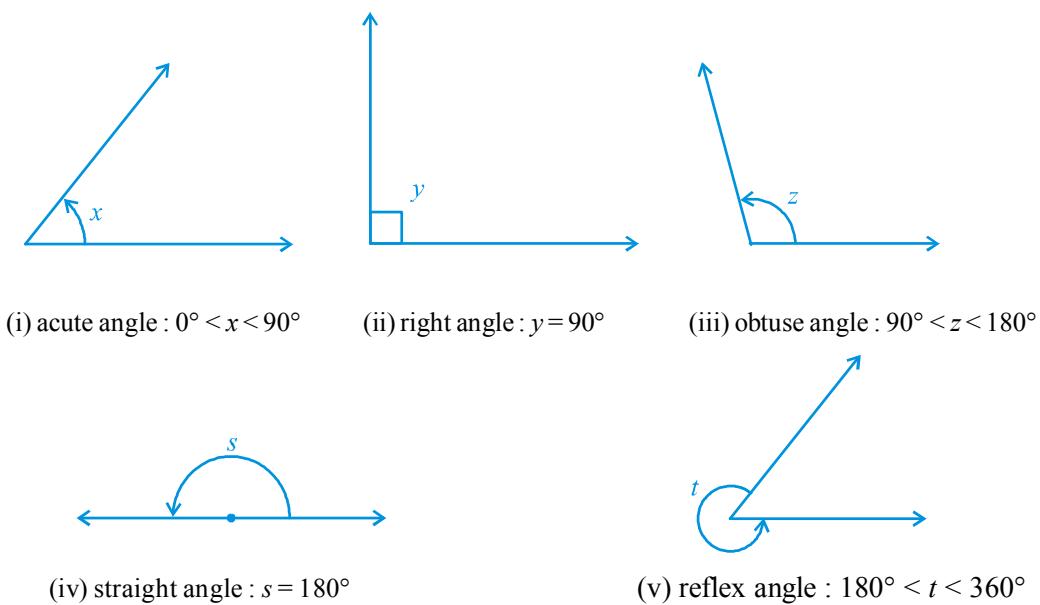
Let us first revise the terms and definitions related to lines and angles learnt in earlier classes.

## 6.2 Basic Terms and Definitions

Recall that a part (or portion) of a line with two end points is called a **line-segment** and a part of a line with one end point is called a **ray**. Note that the line segment AB is denoted by  $\overline{AB}$ , and its length is denoted by AB. The ray AB is denoted by  $\overrightarrow{AB}$ , and a line is denoted by  $\overleftrightarrow{AB}$ . However, **we will not use these symbols**, and will denote the line segment AB, ray AB, length AB and line AB by the same symbol, AB. The meaning will be clear from the context. Sometimes small letters  $l, m, n$ , etc. will be used to denote lines.

If three or more points lie on the same line, they are called **collinear points**; otherwise they are called **non-collinear points**.

Recall that an **angle** is formed when two rays originate from the same end point. The rays making an angle are called the **arms** of the angle and the end point is called the **vertex** of the angle. You have studied different types of angles, such as acute angle, right angle, obtuse angle, straight angle and reflex angle in earlier classes (see Fig. 6.1).



**Fig. 6.1 : Types of Angles**

సమాంతర, దృష్టిశీల మధ్య ఏర్పడే కోణాన్ని తెలుగుకోవాలి. సరళ రేఖలు, కోణాలను ఉపయోగించే అనేక ఉదాహరణలు మనం ఇవ్వచు. జ్యామితి యొక్క తదుపరి అధ్యయాలలో మీరు మరిన్ని ఉపయోగకరమైన ధర్మాలను రాబట్టటకు రేఖలు, కోణాల ధర్మాలను ఉపయోగిస్తారు.

ముందుగా కింది తరగతులలో నేర్చుకున్న రేఖలు, కోణాలకు సంబంధించిన పదాలు, నిర్వచనాలను పునర్విష్టమర్చించుకుండా.

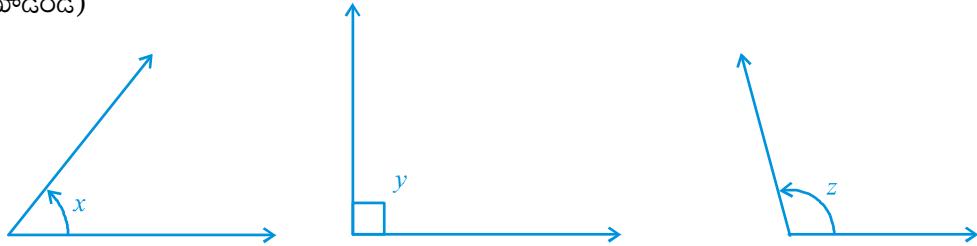
## 6.2 మౌళిక పదాలు మరియు నిర్వచనాలు

రెండు వివరి బిందువులు గల ఒక రేఖ యొక్క కొంత భాగాన్ని రేఖాఖండం అనీ మరియు ఒకే వివరి బిందువు గల రేఖ యొక్క కొంత భాగాన్ని కిరణం అంటారని గుర్తు తెచ్చుకోండి.  $\overrightarrow{AB}$  రేఖాఖండాన్ని  $\overrightarrow{AB}$  తో సూచిస్తాం మరియు దాని పొడవుని  $AB$  తో సూచిస్తాం. కిరణం  $AB$  ని  $\overrightarrow{AB}$  గాను మరియు రేఖను  $\overrightarrow{AB}$  గానూ సూచిస్తాం. అయినప్పటికీ మనం ఈ గుర్తులను ఉపయోగించము మరియు రేఖా ఖండం  $AB$  ని, కిరణం  $AB$ ని,  $AB$  రేఖ పొడవు మరియు  $AB$  రేఖలను సూచించడానికి ఒకే రకమైన గుర్తు  $AB$  తో సూచిస్తాం. సందర్భానుసారంగా అధ్యం మారుతుంది. కొన్ని సార్లు రేఖలను సూచించడానికి  $l, m, n\dots$  మొదలైన చిన్న అక్షరాలను ఉపయోగిస్తాం.

మూడు లేదా అంత కన్నా ఎక్కువ బిందువులు ఒకే సరళరేఖమైన ఉంపే ఆ బిందువులను సరేఫీయ బిందువులని, కానిచో వాటిని సరేఫీయాలు కాని బిందువులు అని అంటారు.

ఒకే అంత్య బిందువు నుండి రెండు కిరణాలు వెలువడినప్పుడు కోణము ఏర్పడుతుందని గుర్తు తెచ్చుకోండి. ఈ కోణాన్ని ఏర్పరిచే కిరణాలు కోణ భూజాలు అని, ఆ అంత్య బిందువును కోణ శీర్షము అని అంటారు. అల్పకోణం, లంబకోణం, అధికకోణం, సరళకోణం మరియు పరావర్తన కోణం వంటి వివిధ రకాల కోణాల గురించి కింది తరగతులలో నేర్చుకొన్నారు.

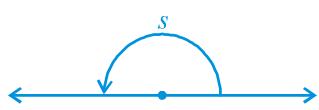
(పటం 6.1 చూడండి)



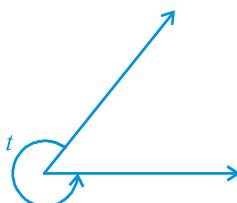
(i) అల్పకోణం :  $0^\circ < x < 90^\circ$

(ii) లంబకోణం :  $y = 90^\circ$

(iii) అధికకోణం :  $90^\circ < z < 180^\circ$



(iv) సరళ కోణం :  $s = 180^\circ$



(v) పరావర్తన కోణం :  $180^\circ < t < 360^\circ$

పటం 6.1 : కోణాల రకాలు

An **acute angle** measures between  $0^\circ$  and  $90^\circ$ , whereas a **right angle** is exactly equal to  $90^\circ$ . An angle greater than  $90^\circ$  but less than  $180^\circ$  is called an **obtuse angle**. Also, recall that a **straight angle** is equal to  $180^\circ$ . An angle which is greater than  $180^\circ$  but less than  $360^\circ$  is called a **reflex angle**. Further, two angles whose sum is  $90^\circ$  are called **complementary angles**, and two angles whose sum is  $180^\circ$  are called **supplementary angles**.

You have also studied about adjacent angles in the earlier classes (see Fig. 6.2). Two angles are **adjacent**, if they have a common vertex, a common arm and their non-common arms are on different sides of the common arm. In Fig. 6.2,  $\angle ABD$  and  $\angle DBC$  are adjacent angles. Ray BD is their common arm and point B is their common vertex. Ray BA and ray BC are non common arms. Moreover, when two angles are adjacent, then their sum is always equal to the angle formed by the two non-common arms. So, we can write

$$\angle ABC = \angle ABD + \angle DBC.$$

Note that  $\angle ABC$  and  $\angle ABD$  are not adjacent angles. Why? Because their non-common arms BD and BC lie on the same side of the common arm BA.

If the non-common arms BA and BC in Fig. 6.2, form a line then it will look like Fig. 6.3. In this case,  $\angle ABD$  and  $\angle DBC$  are called **linear pair of angles**.

You may also recall the **vertically opposite angles** formed when two lines, say AB and CD, intersect each other, say at the point O (see Fig. 6.4). There are two pairs of vertically opposite angles.

One pair is  $\angle AOD$  and  $\angle BOC$ . Can you find the other pair?

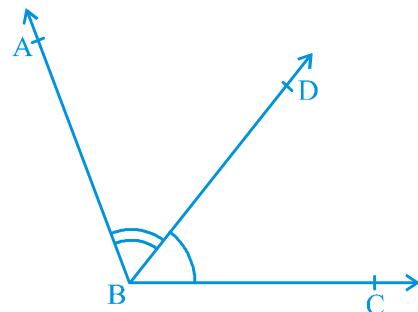


Fig. 6.2 : Adjacent angles

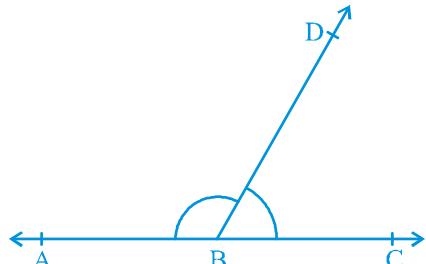


Fig. 6.3 : Linear pair of angles

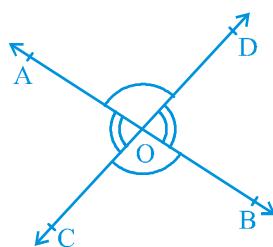


Fig. 6.4 : Vertically opposite angles

అల్పకోణం  $0^\circ$  మరియు  $90^\circ$  డిగ్రీల మధ్య ఉంటుంది. అయితే లంబకోణం ఖచ్చితంగా  $90^\circ$  కి సమానంగా ఉంటుంది.  $90^\circ$  కంటే ఎక్కువ  $180^\circ$  కంటే తక్కువగా ఉన్న కోణాన్ని అధిక కోణం అంటారు. అలాగే సరళ కోణం  $180^\circ$  కి సమానం అని గుర్తుంచుండోండి.  $180^\circ$  కంటే ఎక్కువగా ఉండి,  $360^\circ$  కంటే తక్కువగా ఉన్న కోణాన్ని పరావర్తన కోణం అంటారు. ఇంకా రెండు కోణాల మొత్తం  $90^\circ$  గా ఉన్న కోణాలను పూరక కోణాలు అంటారు. రెండు కోణాల మొత్తం  $180^\circ$  గా ఉన్న కోణాలను సంపూర్క కోణాలు అంటారు.

మీరు క్రింది తరగతులలో ఆసన్న కోణాల గురించి కూడా అధ్యయనం చేశారు (పటం 6.2 చూడండి) రెండు కోణాలు ఉమ్మడి శీర్షం, ఉమ్మడి భుజాలను కలిగి మరియు ఉమ్మడిగా లేని భుజాలు ఉమ్మడి భుజానికి ఇరువైపులా ఉంటే వాటిని ఆసన్న కోణాలు అంటారు. పటం 6.2 లో  $\angle ABD$  మరియు  $\angle DBC$ లు ఆసన్న కోణాలు  $BD$  కిరణం వాటి ఉమ్మడి భుజం మరియు  $B$  బిందువు వాటి ఉమ్మడి శీర్షం.  $BA$  కిరణం మరియు  $BC$  కిరణములు ఉమ్మడిగా లేని భుజాలు. అంతే కాక రెండు కోణాలు ఆసన్న కోణాలైతే వాటి మొత్తం ఉమ్మడి కాని భుజాలతో ఏర్పడిన కోణానికి సమానం. అందువలన

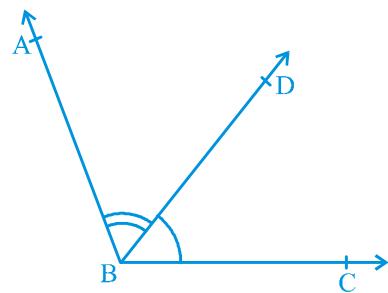
$$\angle ABC = \angle ABD + \angle DBC \text{ అని రాయవచ్చు.}$$

$\angle ABC$  మరియు  $\angle ABD$  లు ఆసన్న కోణాలు కాదని గమనించండి. ఎందుకు? ఉమ్మడిగా లేని భుజాలు  $BD$  మరియు  $BC$  కిరణాలు ఉమ్మడి భుజం  $BA$  కి ఒకేవైపున ఉన్నాయి.

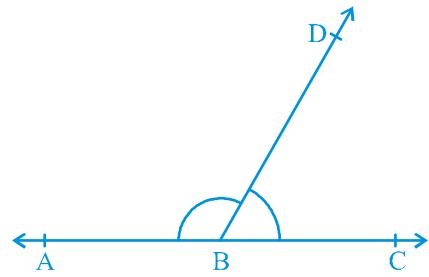
పటం. 6.2 లో ఉమ్మడిగా లేని భుజాలు  $BA$  మరియు  $BC$  లు ఒక సరళరేఖను ఏర్పరచినప్పుడు అది పటం 6.3 వలె ఉంటుంది. ఈ సందర్భంలో  $\angle ABD$  మరియు  $\angle DBC$  లను రేఖీయ ద్వారం అంటాము.

రెండు రేఖలు  $AB$  మరియు  $CD$  లు పరస్పరం  $O$  బిందువు వద్ద ఖండించుకునప్పుడు ఏర్పడు శీర్షాభ్యముఖ కోణాలను గుర్తు తెచ్చుకోండి (పటం 6.4 చూడండి). ఇక్కడ రెండు జతల శీర్షాభ్యముఖ కోణాలు ఉన్నాయి.

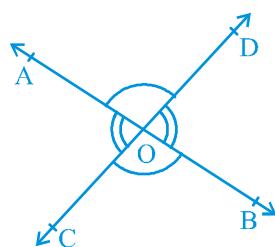
ఒక జత  $\angle AOD$  మరియు  $\angle BOC$ . మరొక జతను నీవు కనుగొనగలవా?



పటం 6.2 : ఆసన్న కోణాలు



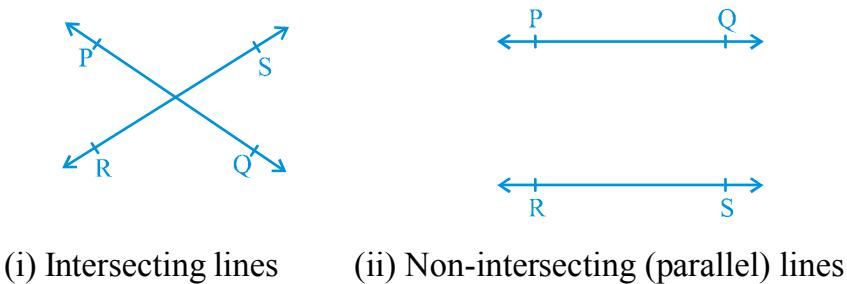
పటం 6.3 : రేఖీయ ద్వారం



పటం 6.4 : శీర్షాభ్యముఖ కోణాలు

### 6.3 Intersecting Lines and Non-intersecting Lines

Draw two different lines PQ and RS on a paper. You will see that you can draw them in two different ways as shown in Fig. 6.5 (i) and Fig. 6.5 (ii).



**Fig. 6.5 : Different ways of drawing two lines**

Recall the notion of a line, that it extends indefinitely in both directions. Lines PQ and RS in Fig. 6.5 (i) are intersecting lines and in Fig. 6.5 (ii) are parallel lines. Note that the lengths of the common perpendiculars at different points on these parallel lines is the same. This equal length is called the *distance between two parallel lines*.

### 6.4 Pairs of Angles

In Section 6.2, you have learnt the definitions of some of the pairs of angles such as complementary angles, supplementary angles, adjacent angles, linear pair of angles, etc. Can you think of some relations between these angles? Now, let us find out the relation between the angles formed when a ray stands on a line. Draw a figure in which a ray stands on a line as shown in Fig. 6.6. Name the line as AB and the ray as OC. What are the angles formed at the point O? They are  $\angle AOC$ ,  $\angle BOC$  and  $\angle AOB$ .

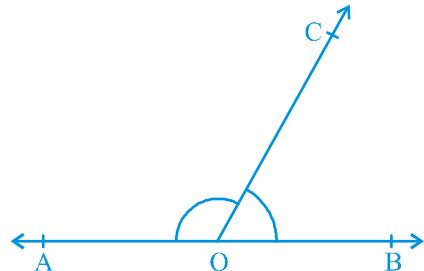
Can we write  $\angle AOC + \angle BOC = \angle AOB$ ? (1)

Yes! (Why? Refer to adjacent angles in Section 6.2)

What is the measure of  $\angle AOB$ ? It is  $180^\circ$ . (Why?) (2)

From (1) and (2), can you say that  $\angle AOC + \angle BOC = 180^\circ$ ? Yes! (Why?)

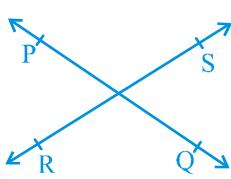
From the above discussion, we can state the following Axiom:



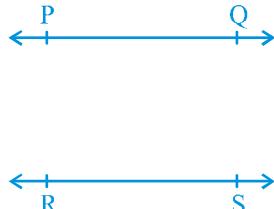
**Fig. 6.6 : Linear pair of angles**

### 6.3 భండన రేఖలు మరియు భండించుకొనని రేఖలు

ఒక కాగితం పై PQ మరియు RS అను రెండు విభిన్న రేఖలను గీయండి. పటం 6.5 (i) మరియు పటం 6.5 (ii) లలో చూపిన విధంగా వాటిని రెండు వేర్వేరు విధాలుగా గీయవచ్చనని మీరు గమనించవచ్చు.



(i) భండన రేఖలు



(ii) భండించుకొనని (సమాంతర) రేఖలు

**పటం 6.5 : రెండు రేఖలను వేర్వేరు విధాలుగా గీయడం.**

ఒక సరళరేఖ సంకేతాన్ని బట్టి ఇరువైపులా అనంతంగా పొడగించవచ్చని గుర్తు చేసుకోండి. 6.5 (i) లో PQ మరియు RS లు భండన రేఖలు మరియు పటం 6.5 (ii) లో అవి సమాంతర రేఖలు. ఈ సమాంతర రేఖల మీద విభిన్న బిందువుల వద్ద ఉమ్మడి లంబరేఖల పొడవులు సమానమని గమనించండి. ఈ సమాన పొడవును రెండు సమాంతర రేఖల మధ్య దూరమని అంటారు.

### 6.4 కోణాల జతలు

6.2 విభాగంలో పూరక కోణాలు, సంపూరక కోణాలు, ఆసన్న కోణాలు, రేఖీయ ద్వయం మొదలగు కోణాల జతల నిర్వచనాలు మీరు నేర్చుకున్నారు.

ఈ కోణాల మధ్య సంబంధమును ఆలోచించారా? ఇప్పుడు ఒక కిరణము, ఒక సరళరేఖ మీద ఉన్నప్పుడు ఏర్పడే కోణాల మధ్య సంబంధమును కనుగొందాం. పటం 6.6 లో చూపిన విధంగా ఒక కిరణం రేఖ మీద ఉండునట్లుగా పటాన్ని గీయండి. సరళరేఖను AB అని, కిరణంను OC అని పేరు పెట్టండి. O బిందువు వద్ద ఏర్పడిన కోణాలు ఏవి? అవి  $\angle AOC$ ,  $\angle BOC$  మరియు  $\angle AOB$ .

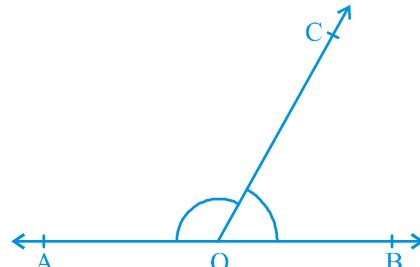
$$\angle AOC + \angle BOC = \angle AOB \text{ అని మనం రాయగలమా?} \quad (1)$$

అవును! (ఎందుకు? 6.2 విభాగంలోని ఆసన్న కోణాలను చూడండి).

$$\angle AOB \text{ కోణం ఎంత? అది } 180^\circ \text{ ఉంటుంది. (ఎందుకు?)} \quad (2)$$

(1) మరియు (2) ల నుండి  $\angle AOC + \angle BOC = 180^\circ$  అని చెప్పచ్చా? అవును! (ఎందుకు?)

పై చర్చ నుండి మనము ఈ స్వీకృతమును ప్రవచించవచ్చు



**పటం 6.6 : రేఖీయ ద్వయం**

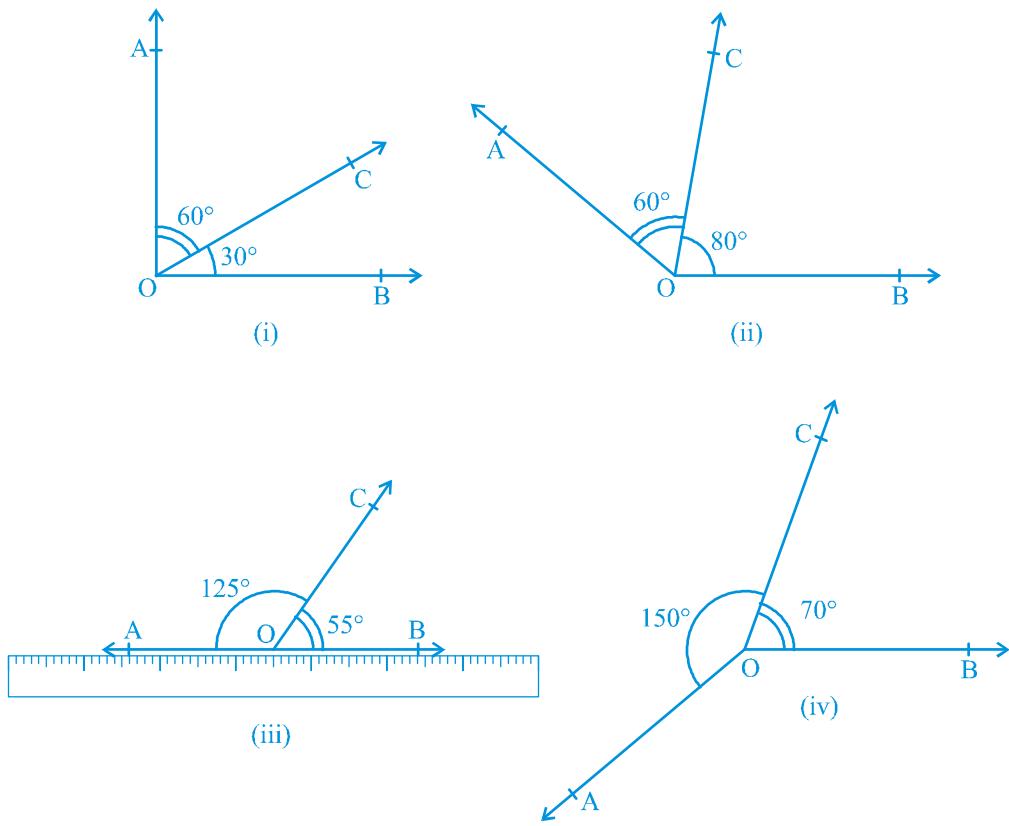
**Axiom 6.1 :** If a ray stands on a line, then the sum of two adjacent angles so formed is  $180^\circ$ .

Recall that when the sum of two adjacent angles is  $180^\circ$ , then they are called a **linear pair of angles**.

In Axiom 6.1, it is given that ‘a ray stands on a line’. From this ‘given’, we have concluded that ‘the sum of two adjacent angles so formed is  $180^\circ$ ’. Can we write Axiom 6.1 the other way? That is, take the ‘conclusion’ of Axiom 6.1 as ‘given’ and the ‘given’ as the ‘conclusion’. So it becomes:

(A) If the sum of two adjacent angles is  $180^\circ$ , then a ray stands on a line (that is, the non-common arms form a line).

Now you see that the Axiom 6.1 and statement (A) are in a sense the reverse of each others. We call each as converse of the other. We do not know whether the statement (A) is true or not. Let us check. Draw adjacent angles of different measures as shown in Fig. 6.7. Keep the ruler along one of the non-common arms in each case. Does the other non-common arm also lie along the ruler?



**Fig. 6.7 : Adjacent angles with different measures**

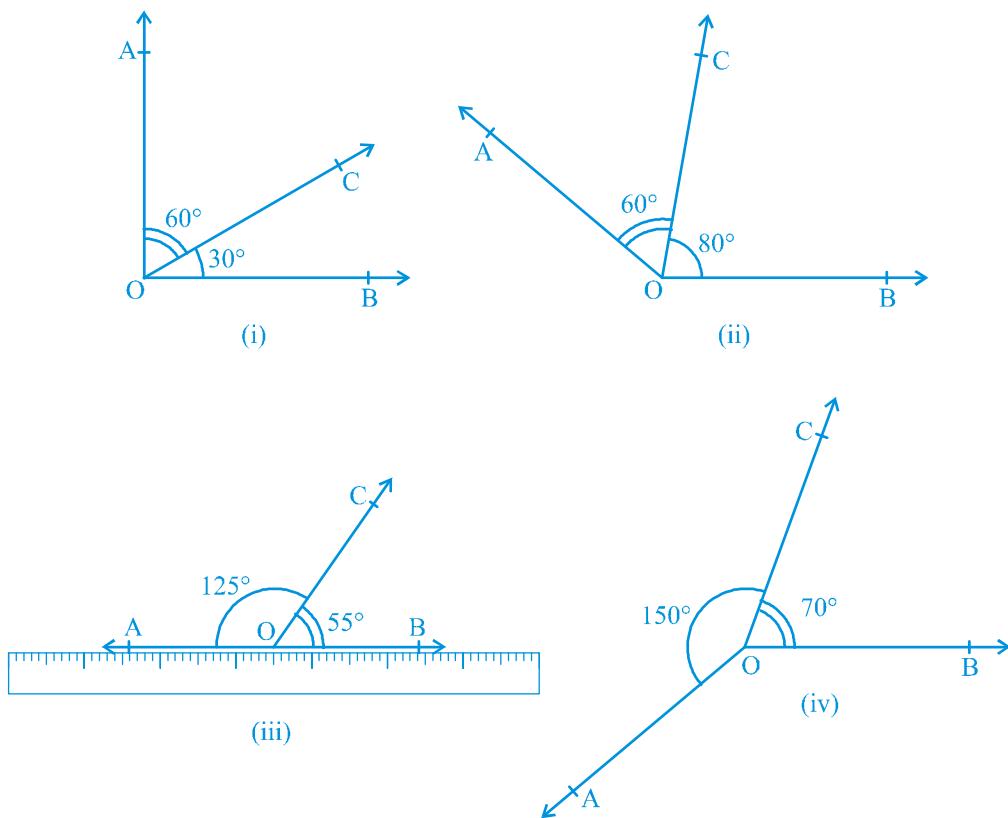
**స్వీకృతము 6.1 :** ఒక కిరణము ఒక సరళరేఖలై ఉన్నచో, అప్పుడు ఏర్పడిన ఆసన్న కోణాల మొత్తం  $180^\circ$ .

రెండు ఆసన్న కోణాల మొత్తం  $180^\circ$  అయినప్పుడు వాటిన రేఖలు ఒకే రేఖలై ఉన్నచో అంటామని గుర్తు తెచ్చుకోండి.

స్వీకృతం 6.1లో ‘ఒక సరళరేఖలై మీద ఒక కిరణం’ ఉంటుందని ఇవ్వబడింది. దీని నుండి ఏర్పడిన రెండు ఆసన్న కోణాల మొత్తం  $180^\circ$ ని మనం నిర్ధారించవచ్చు. స్వీకృతం 6.1ను మనం మరొక రకంగా రాయవచ్చా? అంటే స్వీకృతము 6.1 యొక్క ‘సారాంశాన్ని’ ‘దత్తాంశంగాను’ మరియు ‘దత్తాంశాన్ని’ ‘సారాంశంగా’ తీసుకున్నట్లయితే అది క్రింది విధంగా ఉంటుంది.:

(A) రెండు ఆసన్న కోణాల మొత్తం  $180^\circ$  అయితే ఒక కిరణం ఒక సరళరేఖలై మీద ఉంటుంది. (అంటే ఉమ్మడిగా లేని భుజాలు సరళరేఖను ఏర్పరచును)

ఇప్పుడు మీరు స్వీకృతము 6.1 మరియు ప్రపంచం (A) లు ఒక విధంగా పరస్పరం విపర్యంగా కనిపిస్తున్నాయి. మనము వాటిని ఒకదానికొకటి విపర్యయం అంటారు. ప్రపంచం (A) సత్యమా? కాదా? అనేది తెలియదు. ఇప్పుడు మనం దానిని సరిచూడాం. పటం 6.7లో చూపబడిన విధంగా విభిన్న కొలతలతో ఆసన్న కోణాలను గీయండి. ప్రతి సందర్భంలో స్నేహితులు ఉమ్మడిగా లేని భుజాలలో ఒక దాని వెంబడి ఉంచండి. మరొక ఉమ్మడిగా లేని భుజం స్నేహితులు వెంబడి ఉంటుందా?



పటం 6.7 : విభిన్న కొలతలు గల ఆసన్న కోణాలు

You will find that only in Fig. 6.7 (iii), both the non-common arms lie along the ruler, that is, points A, O and B lie on the same line and ray OC stands on it. Also see that  $\angle AOC + \angle COB = 125^\circ + 55^\circ = 180^\circ$ . From this, you may conclude that statement (A) is true. So, you can state in the form of an axiom as follows:

**Axiom 6.2 :** *If the sum of two adjacent angles is  $180^\circ$ , then the non-common arms of the angles form a line.*

For obvious reasons, the two axioms above together is called the **Linear Pair Axiom**.

Let us now examine the case when two lines intersect each other.

Recall, from earlier classes, that when two lines intersect, the vertically opposite angles are equal. Let us prove this result now. See Appendix 1 for the ingredients of a proof, and keep those in mind while studying the proof given below.

**Theorem 6.1 :** *If two lines intersect each other, then the vertically opposite angles are equal.*

**Proof :** In the statement above, it is given that ‘two lines intersect each other’. So, let AB and CD be two lines intersecting at O as shown in Fig. 6.8. They lead to two pairs of vertically opposite angles, namely,

- (i)  $\angle AOC$  and  $\angle BOD$  (ii)  $\angle AOD$  and  $\angle BOC$ .

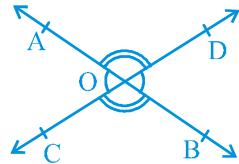


Fig. 6.8 : Vertically opposite angles

We need to prove that  $\angle AOC = \angle BOD$  and  $\angle AOD = \angle BOC$ .

Now, ray OA stands on line CD.

$$\text{Therefore, } \angle AOC + \angle AOD = 180^\circ \quad (\text{Linear pair axiom}) \quad (1)$$

$$\text{Can we write } \angle AOD + \angle BOD = 180^\circ? \text{ Yes! (Why?)} \quad (2)$$

From (1) and (2), we can write

$$\angle AOC + \angle AOD = \angle AOD + \angle BOD$$

This implies that  $\angle AOC = \angle BOD$  (Refer Section 5.2, Axiom 3)

Similarly, it can be proved that  $\angle AOD = \angle BOC$

Now, let us do some examples based on Linear Pair Axiom and Theorem 6.1.

పటం 6.7 (iii) లో మాత్రమే ఉమ్మడిగా లేని భుజాలు రెండూ స్నేలు వెంబడి ఉన్నాయని మీరు తెలుసుకోవచ్చు. అంటే A, O మరియు B బిందువులు ఒకే రేఖ మీద ఉండి కిరణం OC దాని మీద ఉంది. అంతేకాక  $\angle AOC + \angle COB = 125^\circ + 55^\circ = 180^\circ$  అవుతుంది. దీని నుండి ప్రపచనం (A) సరియైనదని నిర్ధారించవచ్చు. కాబట్టి దానిని ఒక స్వీకృతం రూపంలో కింది విధంగా చెప్పవచ్చు:

**స్వీకృతము 6.2 :** రెండు ఆన్నస్త కోణాల మొత్తం  $180^\circ$  అయిన ఆ రెండు కోణాలలో ఉమ్మడిగా లేని భుజాలు ఒక సరళరేఖను ఏర్పరుస్తాయి.

స్వప్షమైన కారణాల వలన పైన పేర్కొన్న రెండు స్వీకృతాలను కలిపి రేఖీయ ద్వయం స్వీకృతము అంటారు.

రెండు సరళరేఖలు పరస్పరం ఖండించినప్పుడు ఇది ఏ విధంగా ఉంటుందో పరీక్షిదాం.

క్రింది తరగతులలో నేర్చుకున్న దాని ప్రకారం రెండు సరళరేఖలు ఖండించుకొన్నప్పుడు శీర్షాభ్యముఖ కోణాలు సమానమని గుర్తు తెచ్చుకోండి. ఈ ఫలితాన్ని మనం ఇప్పుడు నిరూపించాం. నిరూపణకు కావలసిన అంశాలను అనుబంధం - 1లో చూసి కింది ఇవ్వబడిన నిరూపణను అధ్యయనం చేసేటప్పుడు వాటిని గుర్తుంచుకోండి.

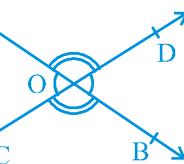
**సిద్ధాంతం 6.1 :** రెండు సరళరేఖలు పరస్పరం ఖండించుకుంటే ఏర్పడిన శీర్షాభ్యముఖ కోణాలు సమానం.

**నిరూపణ :** పై వాక్యంలో రెండు సరళరేఖలు పరస్పరం ఖండించుకొనునని ఇవ్వబడింది. కాబట్టి పటం 6.8లో చూపబడిన విధంగా AB మరియు CD రేఖలు O వద్ద ఖండించుకున్నాయి అనుకొనుము. అవి రెండు జతల శీర్షాభ్యముఖ కోణాలను ఏర్పరచును.

(i)  $\angle AOC$  మరియు  $\angle BOD$  (ii)  $\angle AOD$  మరియు  $\angle BOC$ .

$\angle AOC = \angle BOD$  మరియు  $\angle AOD = \angle BOC$  అని నిరూపించుకోవాలి. ఇప్పుడు, కిరణం OA, సరళరేఖ CD పై ఉన్నది.

అందువలన,  $\angle AOC + \angle AOD = 180^\circ$



**పటం 6.8 : శీర్షాభ్యముఖ కోణాలు**

(రేఖీయ ద్వయ స్వీకృతం) (1)

అలాగే  $\angle AOD + \angle BOD = 180^\circ$ ? అవును! (ఎందుకు?) (2)

(1) మరియు (2) పరకు మనం ప్రాయపచ్చు.

$$\angle AOC + \angle AOD = \angle AOD + \angle BOD$$

ఇది దానిని తెలియజేస్తుంది  $\angle AOC = \angle BOD$  (విభాగం 5.2 పరిశీలించండి 5.2, స్వీకృతం 3)

ఇదే విధంగా దానిని నిరూపించవచ్చు  $\angle AOD = \angle BOC$

ఇప్పుడు, మనం రేఖీయ ద్వయ స్వీకృతం మరియు సిద్ధాంతం 6.1 ఆధారంగా కొన్ని ఉదాహరణలు చేద్దాం.

**Example 1 :** In Fig. 6.9, lines PQ and RS intersect each other at point O. If  $\angle POR : \angle ROQ = 5 : 7$ , find all the angles.

**Solution :**  $\angle POR + \angle ROQ = 180^\circ$

(Linear pair of angles)

But  $\angle POR : \angle ROQ = 5 : 7$

(Given)

$$\text{Therefore, } \angle POR = \frac{5}{12} \times 180^\circ = 75^\circ$$

$$\text{Similarly, } \angle ROQ = \frac{7}{12} \times 180^\circ = 105^\circ$$

$$\text{Now, } \angle POS = \angle ROQ = 105^\circ \quad (\text{Vertically opposite angles})$$

$$\text{and } \angle SOQ = \angle POR = 75^\circ \quad (\text{Vertically opposite angles})$$

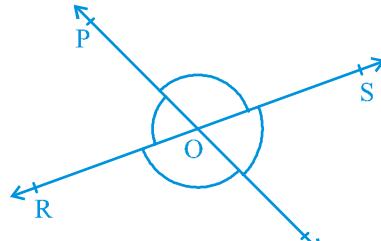


Fig. 6.9

**Example 2 :** In Fig. 6.10, ray OS stands on a line POQ. Ray OR and ray OT are angle bisectors of  $\angle POS$  and  $\angle SOQ$ , respectively. If  $\angle POS = x$ , find  $\angle ROT$ .

**Solution :** Ray OS stands on the line POQ.

$$\text{Therefore, } \angle POS + \angle SOQ = 180^\circ$$

$$\text{But, } \angle POS = x$$

$$\text{Therefore, } x + \angle SOQ = 180^\circ$$

$$\text{So, } \angle SOQ = 180^\circ - x$$

Now, ray OR bisects  $\angle POS$ , therefore,

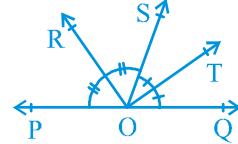


Fig. 6.10

$$\angle ROS = \frac{1}{2} \times \angle POS$$

$$= \frac{1}{2} \times x = \frac{x}{2}$$

$$\text{Similarly, } \angle SOT = \frac{1}{2} \times \angle SOQ$$

$$= \frac{1}{2} \times (180^\circ - x)$$

$$= 90^\circ - \frac{x}{2}$$

**ఉదాహరణ 1 :** పటం 6.9 లో PQ మరియు RS సరళరేఖలు, బిందువు O వద్ద ఖండించుకుంటున్నాయి.  $\angle POR : \angle ROQ = 5 : 7$  అయిన అన్ని కోణాల కొలతలు కనుగొనండి?

**సాధన :**  $\angle POR + \angle ROQ = 180^\circ$   
(కోణాల రేఖీయ ద్వయం)

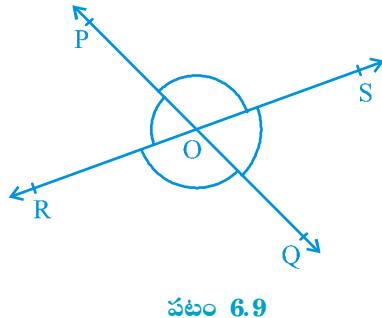
కానీ  $\angle POR : \angle ROQ = 5 : 7$   
(దత్తాంశము)

$$\text{కావున, } \angle POR = \frac{5}{12} \times 180^\circ = 75^\circ$$

$$\text{అదే విధంగా, } \angle ROQ = \frac{7}{12} \times 180^\circ = 105^\circ$$

$$\text{ఇప్పుడు, } \angle POS = \angle ROQ = 105^\circ \quad (\text{శీర్షాభ్యముఖ కోణాలు})$$

$$\text{మరియు } \angle SOQ = \angle POR = 75^\circ \quad (\text{శీర్షాభ్యముఖ కోణాలు})$$



పటం 6.9

**ఉదాహరణ 2 :** పటం 6.10లో కిరణం OS ఒక సరళరేఖ �POQ పై ఉన్నది. కిరణం OR మరియు కిరణం OT లు వరుసగా  $\angle POS$  మరియు  $\angle SOQ$  ల కోణాల మధ్యందన రేఖలు  $\angle POS = x$  అయిన  $\angle ROT$  కొలతను కనుగొనండి.

**సాధన :** కిరణం OS సరళరేఖ �POQ పై ఉంది.

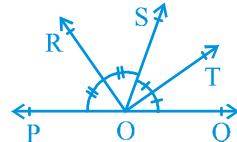
$$\text{కావున, } \angle POS + \angle SOQ = 180^\circ$$

$$\text{కానీ, } \angle POS = x$$

$$\text{కావున, } x + \angle SOQ = 180^\circ$$

$$\text{కాబట్టి, } \angle SOQ = 180^\circ - x$$

ఇప్పుడు, కిరణం OR,  $\angle POS$  ని సమానందన చేస్తుంది. కాబట్టి,



పటం 6.10

$$\angle ROS = \frac{1}{2} \times \angle POS$$

$$= \frac{1}{2} \times x = \frac{x}{2}$$

$$\text{అదేవిధంగా, } \angle SOT = \frac{1}{2} \times \angle SOQ$$

$$= \frac{1}{2} \times (180^\circ - x)$$

$$= 90^\circ - \frac{x}{2}$$

Now,

$$\angle ROT = \angle ROS + \angle SOT$$

$$\begin{aligned} &= \frac{x}{2} + 90^\circ - \frac{x}{2} \\ &= 90^\circ \end{aligned}$$

**Example 3 :** In Fig. 6.11, OP, OQ, OR and OS are four rays.

Prove that  $\angle POQ + \angle QOR + \angle SOR + \angle POS = 360^\circ$ .

**Solution :** In Fig. 6.11, you need to produce any of the rays OP, OQ, OR or OS backwards to a point. Let us produce ray OQ backwards to a point T so that TOQ is a line (see Fig. 6.12).

Now, ray OP stands on line TOQ.

$$\text{Therefore, } \angle TOP + \angle POQ = 180^\circ \quad (1)$$

(Linear pair axiom)

Similarly, ray OS stands on line TOQ.

$$\text{Therefore, } \angle TOS + \angle SOQ = 180^\circ \quad (2)$$

$$\text{But } \angle SOQ = \angle SOR + \angle QOR$$

So, (2) becomes

$$\angle TOS + \angle SOR + \angle QOR = 180^\circ \quad (3)$$

Now, adding (1) and (3), you get

$$\angle TOP + \angle POQ + \angle TOS + \angle SOR + \angle QOR = 360^\circ \quad (4)$$

$$\text{But } \angle TOP + \angle TOS = \angle POS$$

Therefore, (4) becomes

$$\angle POQ + \angle QOR + \angle SOR + \angle POS = 360^\circ$$

### EXERCISE 6.1

1. In Fig. 6.13, lines AB and CD intersect at O. If  $\angle AOC + \angle BOE = 70^\circ$  and  $\angle BOD = 40^\circ$ , find  $\angle BOE$  and reflex  $\angle COE$ .

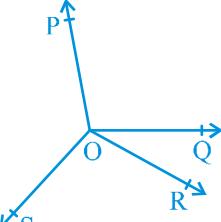


Fig. 6.11

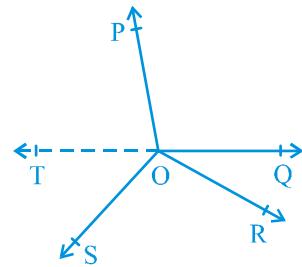


Fig. 6.12

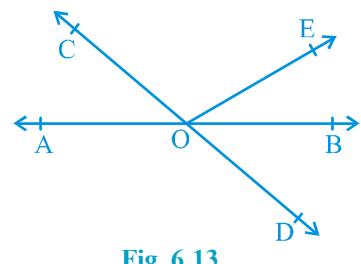


Fig. 6.13

ఇప్పుడు,

$$\angle ROT = \angle ROS + \angle SOT$$

$$= \frac{x}{2} + 90^\circ - \frac{x}{2}$$

$$= 90^\circ$$

**ఉదాహరణ 3:** పటం 6.11లో OP, OQ, OR మరియు OS లు నాలుగు కిరణాలు  $\angle POQ$  +  $\angle QOR$  +  $\angle SOR$  +  $\angle POS$  =  $360^\circ$  అని నిరూపించండి.

**సాధన :** పటం 6.11లో OP, OQ, OR లేదా OS కిరణాలలో ఏదైనా ఒక దానిని ఒక బిందువు వరకు వెనుకకు పొడిగించాలి. OQ కిరణాన్ని T వరకు వెనుకకు పొడిగించాం. అప్పుడు TOQ ఒక రేఖ అవుతుంది (పటం 6.12 చూడండి).

ఇప్పుడు, OP కిరణము TOQ రేఖపై ఉండును.

కాబట్టి,  $\angle TOP + \angle POQ = 180^\circ \quad (1)$

(రేఖియ ద్వయ స్వీకృతము)

అదేవిధంగా, కిరణం OS, రేఖ TOQ పై ఉండును.

కాబట్టి,  $\angle TOS + \angle SOQ = 180^\circ \quad (2)$

కానీ  $\angle SOQ = \angle SOR + \angle QOR$

కావున (2) నుండి

$$\angle TOS + \angle SOR + \angle QOR = 180^\circ \quad (3)$$

ఇప్పుడు, (1) మరియు (3) కలపగా

$$\angle TOP + \angle POQ + \angle TOS + \angle SOR + \angle QOR = 360^\circ \quad (4)$$

కానీ  $\angle TOP + \angle TOS = \angle POS$

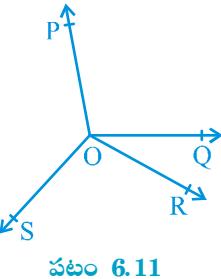
కావున, (4) నుండి

$$\angle POQ + \angle QOR + \angle SOR + \angle POS = 360^\circ$$

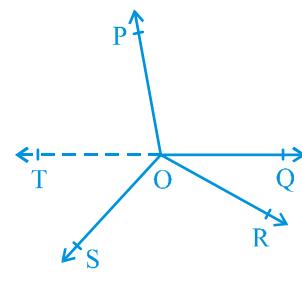
### అభ్యాసం 6.1

1. పటం 6.13 లో AB మరియు CD సరళరేఖలు O బిందువు వద్ద ఖండించుకొంటాయి.

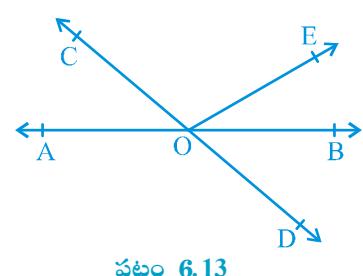
$\angle AOC + \angle BOE = 70^\circ$  మరియు  $\angle BOD = 40^\circ$  అయిన  $\angle BOE$  మరియు పరావర్తన కోణం  $\angle COE$  లను కనుగొనండి.



పటం 6.11



పటం 6.12



పటం 6.13

2. In Fig. 6.14, lines XY and MN intersect at O. If  $\angle POY = 90^\circ$  and  $a : b = 2 : 3$ , find  $c$ .

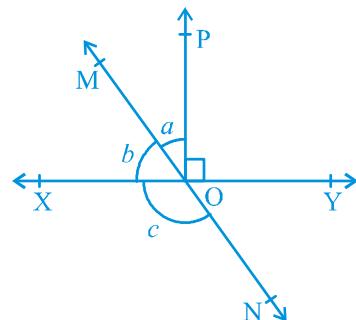


Fig. 6.14

3. In Fig. 6.15,  $\angle PQR = \angle PRQ$ , then prove that  $\angle PQS = \angle PRT$ .

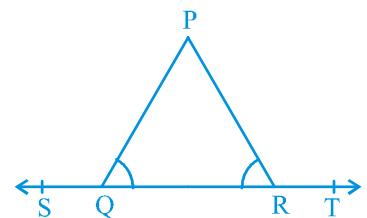


Fig. 6.15

4. In Fig. 6.16, if  $x + y = w + z$ , then prove that AOB is a line.

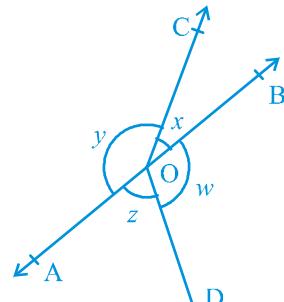


Fig. 6.16

5. In Fig. 6.17, POQ is a line. Ray OR is perpendicular to line PQ. OS is another ray lying between rays OP and OR. Prove that

$$\angle ROS = \frac{1}{2} (\angle QOS - \angle POS).$$

6. It is given that  $\angle XYZ = 64^\circ$  and XY is produced to point P. Draw a figure from the given information. If ray YQ bisects  $\angle ZYP$ , find  $\angle XYQ$  and reflex  $\angle QYP$ .

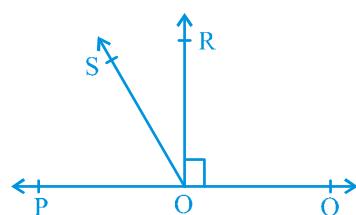
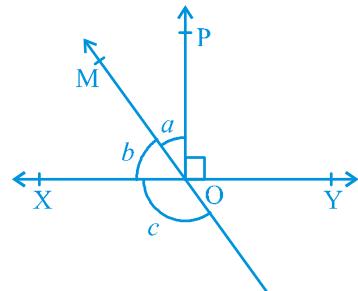


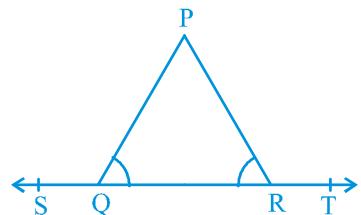
Fig. 6.17

2. పటం 6.14 లో సరళరేఖలు XY మరియు MN లు O వద్ద ఖండించుకుంటున్నాయి.  $\angle POY = 90^\circ$  మరియు  $a : b = 2 : 3$  అయిన  $c$  ను కనుగొనండి.



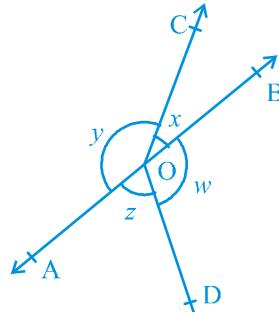
పటం. 6.14

3. పటం 6.15 లో  $\angle PQR = \angle PRQ$  అయిన  
 $\angle PQS = \angle PRT$  అని నిరూపించండి.



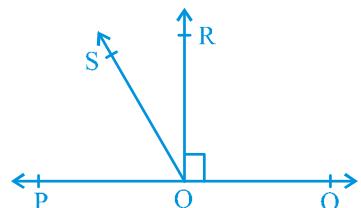
పటం. 6.15

4. పటం 6.16 లో  $x + y = w + z$  అయిన AOB ఒక సరళరేఖ అని నిరూపించండి.



పటం. 6.16

5. పటం 6.17లో POQ ఒక సరళరేఖ. కిరణం OR, సరళరేఖ PQ కు లంబంగా ఉన్నది. OP మరియు OR కిరణాల మధ్య OS ఆనేది మరొక కిరణం అయిన  
 $\angle ROS = \frac{1}{2} (\angle QOS - \angle POS)$  అని నిరూపించండి.
6.  $\angle XYZ = 64^\circ$  మరియు XY ని P బిందువు వరకు పొడగించారు.  $\angle ZYP$  ని YQ కిరణం సమద్వాండన చేస్తుంది. ఈ సమాచారాన్ని పట రూపంలో చూపండి. అదే విధంగా  $\angle XYQ$  మరియు పరావర్తన కోణము  $\angle QYP$  లను కనుగొనండి.



పటం. 6.17

### 6.5 Lines Parallel to the Same Line

If two lines are parallel to the same line, will they be parallel to each other? Let us check it. See Fig. 6.18 in which line  $m \parallel$  line  $l$  and line  $n \parallel$  line  $l$ .

Let us draw a line  $t$  transversal for the lines,  $l$ ,  $m$  and  $n$ . It is given that line  $m \parallel$  line  $l$  and line  $n \parallel$  line  $l$ .

Therefore,  $\angle 1 = \angle 2$  and  $\angle 1 = \angle 3$

(Corresponding angles axiom)

So,  $\angle 2 = \angle 3$  (Why?)

But  $\angle 2$  and  $\angle 3$  are corresponding angles and they are equal.

Therefore, you can say that

Line  $m \parallel$  Line  $n$

(Converse of corresponding angles axiom)

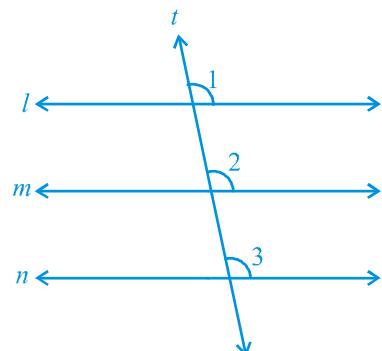


Fig. 6.18

This result can be stated in the form of the following theorem:

**Theorem 6.6 :** *Lines which are parallel to the same line are parallel to each other.*

**Note :** The property above can be extended to more than two lines also.

Now, let us solve some examples related to parallel lines.

**Example 4 :** In Fig. 6.19, if  $PQ \parallel RS$ ,  $\angle MXQ = 135^\circ$  and  $\angle MYR = 40^\circ$ , find  $\angle XMY$ .

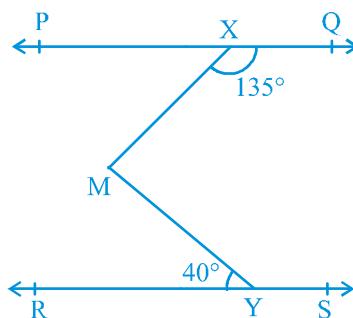


Fig. 6.19

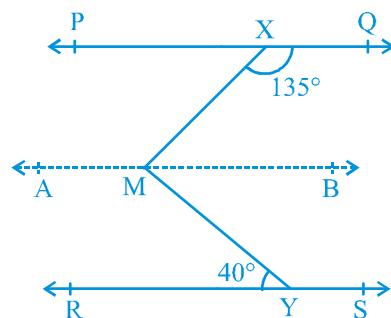


Fig. 6.20

**Solution :** Here, we need to draw a line  $AB$  parallel to line  $PQ$ , through point  $M$  as shown in Fig. 6.20. Now,  $AB \parallel PQ$  and  $PQ \parallel RS$ .

## 6.5 ఒకే రేఖకు సమాంతరంగా ఉన్న రేఖలు

రెండు సరళరేఖలు ఒకే రేఖకు సమాంతరంగా ఉంటే ఆ రెండు రేఖలు సమాంతర రేఖలు అవుతాయా? దీనిని పరిశీలించ్చాం. పటం 6.18 చూడండి. అవి  $m$  రేఖ ||  $l$  రేఖ మరియు  $n$  రేఖ ||  $l$  రేఖ.

$l, m$  మరియు  $n$  రేఖలకు  $t$  అనే తిర్యగ్రేఖ ని గీద్దాం.  $m$  రేఖ ||  $l$  రేఖ మరియు  $n$  రేఖ ||  $l$  రేఖ అని ఇవ్వబడింది.

అందువలన,  $\angle 1 = \angle 2$  మరియు  $\angle 1 = \angle 3$

(సదృశకోణాల స్వీకృతం)

కావున,  $\angle 2 = \angle 3$  (ఎందుకు?)

కానీ  $\angle 2$  మరియు  $\angle 3$  సదృశ కోణాలు మరియు అవి సవానం.

కాబట్టి,

$m$  రేఖ ||  $n$  రేఖ అని మీరు చెప్పవచ్చు.

(సదృశ కోణాల స్వీకృతం యొక్క విపర్యం)

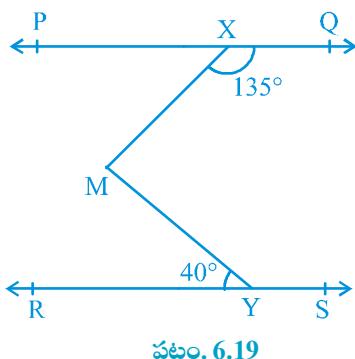
ఈ ఫలితాన్ని కింది సిద్ధాంతం రూపంలో చెప్పవచ్చు:

**సిద్ధాంతం 6.6 :** ఒక రేఖకు సమాంతరంగా ఉండే రేఖలు ఒకదానికొకది సమాంతరంగా ఉంటాయి.

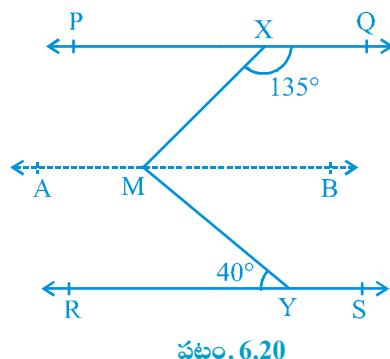
**గమనిక :** పైన చెప్పబడిన ధర్మం రెండు కంటే ఎక్కువ రేఖలకు కూడా అన్యయించవచ్చు.

ఇప్పుడు సమాంతర రేఖలకు సంబంధించిన కొన్ని ఉధారణలను సాధించ్చాం.

**ఉధారణ 4 :** పటం 6.19 లో  $PQ \parallel RS$ ,  $\angle MXQ = 135^\circ$  మరియు  $\angle MYR = 40^\circ$ , అయిన  $\angle XMY$  ను కనుగొనండి.



పటం 6.19



పటం 6.20

**సాధన :** ఇక్కడ, పటం 6.20 లో చూపిన విధంగా  $M$  గుండా  $PQ$  రేఖకి సమాంతరంగా  $AB$  రేఖను మనం గీయాల్సి వుంది. ఇప్పుడు  $AB \parallel PQ$  మరియు  $PQ \parallel RS$ .

Therefore,  $AB \parallel RS$  (Why?)

Now,  $\angle QXM + \angle XMB = 180^\circ$

( $AB \parallel PQ$ , Interior angles on the same side of the transversal XM)

But  $\angle QXM = 135^\circ$

So,  $135^\circ + \angle XMB = 180^\circ$

Therefore,  $\angle XMB = 45^\circ$  (1)

Now,  $\angle BMY = \angle MYR$  ( $AB \parallel RS$ , Alternate angles)

Therefore,  $\angle BMY = 40^\circ$  (2)

Adding (1) and (2), you get

$$\angle XMB + \angle BMY = 45^\circ + 40^\circ$$

That is,  $\angle XMY = 85^\circ$

**Example 5 :** If a transversal intersects two lines such that the bisectors of a pair of corresponding angles are parallel, then prove that the two lines are parallel.

**Solution :** In Fig. 6.21, a transversal AD intersects two lines PQ and RS at points B and C respectively. Ray BE is the bisector of  $\angle ABQ$  and ray CG is the bisector of  $\angle BCS$ ; and  $BE \parallel CG$ .

We are to prove that  $PQ \parallel RS$ .

It is given that ray BE is the bisector of  $\angle ABQ$ .

$$\text{Therefore, } \angle ABE = \frac{1}{2} \angle ABQ \quad (1)$$

Similarly, ray CG is the bisector of  $\angle BCS$ .

$$\text{Therefore, } \angle BCG = \frac{1}{2} \angle BCS \quad (2)$$

But  $BE \parallel CG$  and AD is the transversal.

Therefore,  $\angle ABE = \angle BCG$

$$(\text{Corresponding angles axiom}) \quad (3)$$

Substituting (1) and (2) in (3), you get

$$\frac{1}{2} \angle ABQ = \frac{1}{2} \angle BCS$$

That is,  $\angle ABQ = \angle BCS$

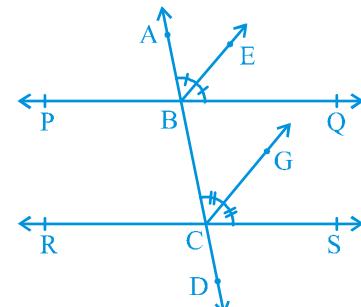


Fig. 6.21

కాబట్టి,  $AB \parallel RS$  (ఎందుకు?)

ఇప్పుడు,  $\angle QXM + \angle XMB = 180^\circ$

$(AB \parallel PQ, \text{ తిర్యగ్రేభి } XM \text{ కి ఒకే వైపున గల అంతర కోణాలు})$

కానీ  $\angle QXM = 135^\circ$

కావున,  $135^\circ + \angle XMB = 180^\circ$

కాబట్టి,  $\angle XMB = 45^\circ$  (1)

ఇప్పుడు,  $\angle BMY = \angle MYR$  ( $AB \parallel RS, \text{ ఏకాంతర కోణాలు}$ )

కాబట్టి,  $\angle BMY = 40^\circ$  (2)

(1) మరియు (2) కలుపగా

$$\angle XMB + \angle BMY = 45^\circ + 40^\circ$$

అనగా,  $\angle XMY = 85^\circ$

**ఉదాహరణ 5 :** రెండు రేఖలను ఒక తిర్యగ్రేభి ఖండించినపుడు సర్వశ కోణ సమద్విఖండన రేఖల జత సమాంతరంగా ఉంటే ఆ రెండు రేఖలు సమాంతరంగా ఉంటాయని నిరూపించండి.

**సాధన :** పటం 6.21లో  $AD$  తిర్యగ్రేభి  $PQ$  మరియు  $RS$  అనే రెండు రేఖలను వరుసగా  $B$  మరియు  $C$  బిందువుల వద్ద ఖండిస్తుంది.  $BE$  కిరణం  $\angle ABQ$  యొక్క కోణ సమద్విఖండన రేఖ మరియు  $CG$  కిరణం  $\angle BCS$  యొక్క కోణ సమద్విఖండన రేఖ మరియు  $BE \parallel CG$ .

మనం  $PQ \parallel RS$  అని నిరూపించాలి.

$BE$  కిరణం  $\angle ABQ$  కోణసమద్విఖండన రేఖ అని ఇవ్వబడింది.

కాబట్టి,  $\angle ABE = \frac{1}{2} \angle ABQ$  (1)

అదే విధంగా  $CG$  కిరణం,  $\angle BCS$  యొక్క కోణ సమద్విఖండన రేఖ

కాబట్టి,  $\angle BCG = \frac{1}{2} \angle BCS$  (2)

కానీ  $BE \parallel CG$  మరియు  $AD$  తిర్యగ్రేభి.

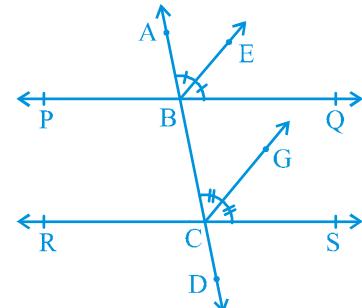
కాబట్టి,  $\angle ABE = \angle BCG$

(సర్వశ కోణాల స్వీకృతం) (3)

(1) మరియు (2) లను (3) లో ప్రతిక్షేపించగా,

$$\frac{1}{2} \angle ABQ = \frac{1}{2} \angle BCS$$

అంటే,  $\angle ABQ = \angle BCS$



పటం. 6.21

But, they are the corresponding angles formed by transversal AD with PQ and RS; and are equal.

Therefore,  $PQ \parallel RS$

(Converse of corresponding angles axiom)

**Example 6 :** In Fig. 6.22,  $AB \parallel CD$  and  $CD \parallel EF$ . Also  $EA \perp AB$ . If  $\angle BEF = 55^\circ$ , find the values of  $x$ ,  $y$  and  $z$ .

$$\text{Solution : } y + 55^\circ = 180^\circ$$

(Interior angles on the same side of the transversal ED)

$$\text{Therefore, } y = 180^\circ - 55^\circ = 125^\circ$$

$$\text{Again } x = y$$

( $AB \parallel CD$ , Corresponding angles axiom)

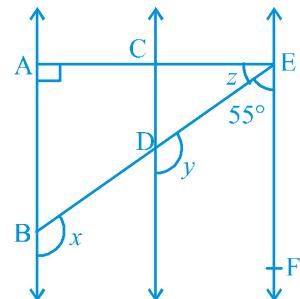


Fig. 6.22

$$\text{Therefore } x = 125^\circ$$

Now, since  $AB \parallel CD$  and  $CD \parallel EF$ , therefore,  $AB \parallel EF$ .

$$\text{So, } \angle EAB + \angle FEA = 180^\circ \quad (\text{Interior angles on the same side of the transversal EA})$$

$$\text{Therefore, } 90^\circ + z + 55^\circ = 180^\circ$$

$$\text{Which gives } z = 35^\circ$$

## EXERCISE 6.2

- In Fig. 6.23, if  $AB \parallel CD$ ,  $CD \parallel EF$  and  $y : z = 3 : 7$ , find  $x$ .

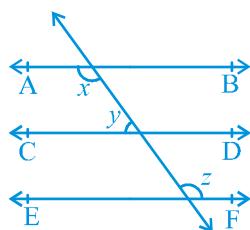


Fig. 6.23

కాని అవి  $AD$  తిర్యగ్రేభి  $PQ$  మరియు  $RS$  రేఖలతో ఏర్పరచిన సదృశ కోణాలు మరియు అవి సమానం.

కాబట్టి,

$$PQ \parallel RS$$

(సదృశ కోణాల స్వికృత విపర్యయం)

**ఉధారణ 6 :** పటం 6.22 లో  $AB \parallel CD$  మరియు  $CD \parallel EF$ ,  $EA \perp AB$  అయితే  $\angle BEF = 55^\circ$  అయినప్పుడు  $x, y$  మరియు  $z$  విలువలు కనుగొనండి.

**సాధన:**  $y + 55^\circ = 180^\circ$

( $ED$  తిర్యగ్రేభికు ఒకే ఒక వైపు  
గల అంతర కోణాలు)

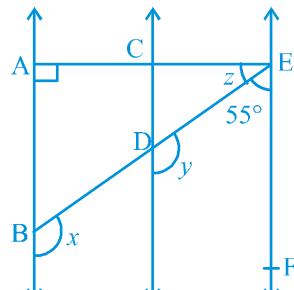
కాబట్టి,

$$y = 180^\circ - 55^\circ = 125^\circ$$

మరియు

$$x = y$$

( $AB \parallel CD$ , సదృశ కోణాల స్వికృతం)



పటం. 6.22

కాబట్టి

$$x = 125^\circ$$

ఇప్పుడు,  $AB \parallel CD$  మరియు  $CD \parallel EF$ , కాబట్టి,  $AB \parallel EF$ .

కావున,

$$\angle EAB + \angle FEA = 180^\circ$$

(తిర్యగ్రేభి  $EA$  కు ఒకే వైపున గల

అంతర కోణాలు)

కాబట్టి,

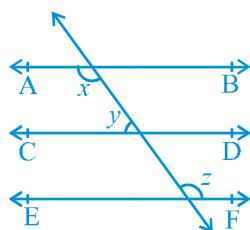
$$90^\circ + z + 55^\circ = 180^\circ$$

దీని నుండి

$$z = 35^\circ$$

## అభ్యాసం 6.2

- పటం 6.23లో  $AB \parallel CD$ ,  $CD \parallel EF$  మరియు  $y : z = 3 : 7$  అయిన  $x$  విలువను కనుగొనండి.



పటం. 6.23

2. In Fig. 6.24, if  $AB \parallel CD$ ,  $EF \perp CD$  and  $\angle GED = 126^\circ$ , find  $\angle AGE$ ,  $\angle GEF$  and  $\angle FGE$ .

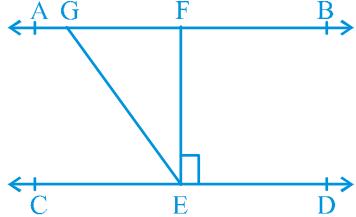


Fig. 6.24

3. In Fig. 6.25, if  $PQ \parallel ST$ ,  $\angle PQR = 110^\circ$  and  $\angle RST = 130^\circ$ , find  $\angle QRS$ .

[Hint : Draw a line parallel to  $ST$  through point  $R$ .]

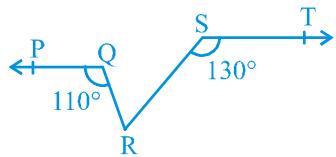


Fig. 6.25

4. In Fig. 6.26, if  $AB \parallel CD$ ,  $\angle APQ = 50^\circ$  and  $\angle PRD = 127^\circ$ , find  $x$  and  $y$ .

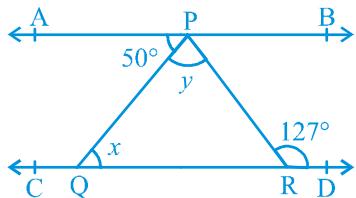


Fig. 6.26

5. In Fig. 6.27,  $PQ$  and  $RS$  are two mirrors placed parallel to each other. An incident ray  $AB$  strikes the mirror  $PQ$  at  $B$ , the reflected ray moves along the path  $BC$  and strikes the mirror  $RS$  at  $C$  and again reflects back along  $CD$ . Prove that  $AB \parallel CD$ .

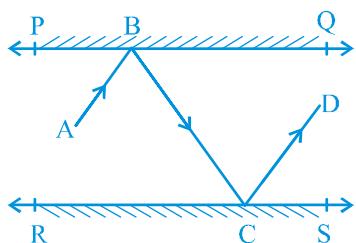
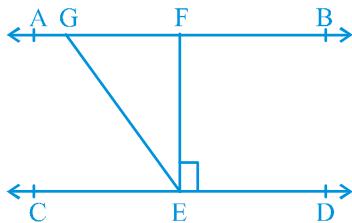


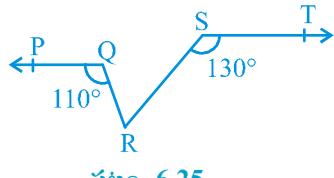
Fig. 6.27

2. పటం 6.24 లో,  $AB \parallel CD$ ,  $EF \perp CD$  మరియు  $\angle GED = 126^\circ$ , అయిన  $\angle AGE$ ,  $\angle GEF$  మరియు  $\angle FGE$  లను కనుగొనండి.



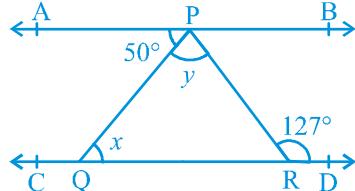
పటం 6.24

3. పటం 6.25లో  $PQ \parallel ST$ ,  $\angle PQR = 110^\circ$  మరియు  $\angle RST = 130^\circ$  అయిన  $\angle QRS$  కనుగొనండి.  
[సూచన : బిందువు R ద్వారా ST సమాంతరంగా ఒక రేఖను గేయండి.]



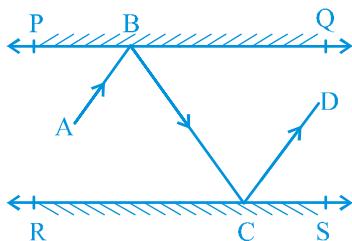
పటం 6.25

4. పటం 6.26లో  $AB \parallel CD$ ,  $\angle APQ = 50^\circ$  మరియు  $\angle PRD = 127^\circ$  అయిన  $x$  మరియు  $y$  లను కనుగొనండి.



పటం 6.26

5. పటం 6.27లో PQ మరియు RS లు ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ఉంచబడిన దర్శణాలు. పతన కిరణం AB, దర్శణం PQ ను B వద్ద తాకి పరావర్తనం చెందింది. పరావర్తన కిరణం BC మార్గం గుండా ప్రయాణిస్తూ మరొక దర్శణం RS ను C వద్ద తాకి పరావర్తనం చెందింది మరియు ఆ పరావర్తన కిరణం CD గుండా ప్రయాణించింది. అయిన  $AB \parallel CD$  అని నిరూపించండి.



పటం 6.27

## 6.6 Summary

In this chapter, you have studied the following points:

1. If a ray stands on a line, then the sum of the two adjacent angles so formed is  $180^\circ$  and vice-versa. This property is called as the Linear pair axiom.
2. If two lines intersect each other, then the vertically opposite angles are equal.
3. Lines which are parallel to a given line are parallel to each other.

## 6.6 సారాంశం

ఈ అధ్యాయంలో మీరు క్రింది అంశాలను అధ్యయనం చేసారు:

1. ఒక కిరణం, రేఖపై ఉన్నట్లయితే, రెండు ఆసన్న కోణాల మొత్తం  $180^\circ$  మరియు దాని విపర్యం కూడా నిజం. ఈ ధర్మాన్ని రేఖీయ ద్వారా స్వీకృతం అని అంటారు.
2. రెండు రేఖలు ఒక దానికాకటి ఖండించుకున్నట్లయితే, అప్పుడు ఏర్పడే శీర్షాభిముఖ కోణాలు సమానం.
3. ఇచ్చిన రేఖకు సమాంతరంగా ఉన్న రేఖలు, ఒక దానికాకటి సమాంతరంగా ఉంటాయి.

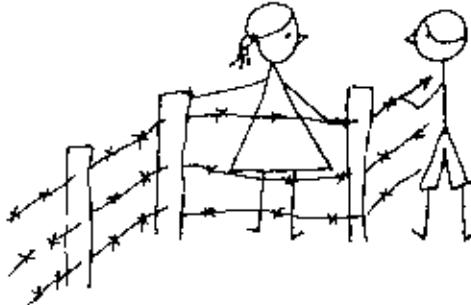
**APPENDIX 1****PROOFS IN MATHEMATICS****A1.1 Introduction**

Suppose your family owns a plot of land and there is no fencing around it. Your neighbour decides one day to fence off his land. After he has fenced his land, you discover that a part of your family's land has been enclosed by his fence. How will you prove to your neighbour that he has tried to encroach on your land? Your first step may be to seek the help of the village elders to sort out the difference in boundaries. But, suppose opinion

is divided among the elders. Some feel you are right and others feel your neighbour is right. What can you do? Your only option is to find a way of establishing your claim for the boundaries of your land that is acceptable to all. For example, a government approved survey map of your village can be used, if necessary in a court of law, to prove (claim) that you are correct and your neighbour is wrong.

Let us look at another situation. Suppose your mother has paid the electricity bill of your house for the month of August, 2005. The bill for September, 2005, however, claims that the bill for August has not been paid. How will you disprove the claim made by the electricity department? You will have to produce a receipt proving that your August bill has been paid.

You have just seen some examples that show that in our daily life we are often called upon to prove that a certain statement or claim is true or false. However, we also accept many statements without bothering to prove them. But, in mathematics we only accept a statement as true or false (except for some axioms) if it has been proved to be so, according to the logic of mathematics.

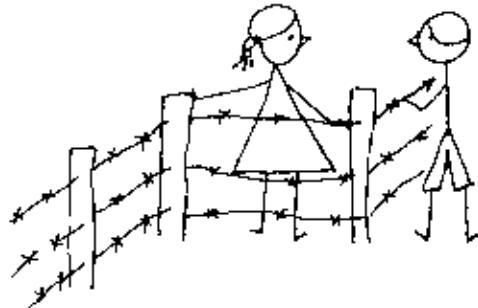


## అనుబంధం 1

### గణితంలో నిరూపణలు

#### A1.1 పరిచయం

మీ కుటుంబానికి ఒక సాంత నివాస భూమి ఉండనుకోండి మరియు దాని చుట్టూ ఎలాంటి ఫైన్‌స్టింగ్ లేదు. మీ పొరుగువాడు ఒక రోజు తన భూమికి కంచె వేయాలని నిర్ణయించుకున్నాడు. అతను తన భూమికి కంచె వేసిన తరువాత, మీ కుటుంబం యొక్క భూమిలో కొంత భాగం అతని కంచె ద్వారా ఆక్రమించబడిందని మీరు కనుగొన్నారు. అతను మీ భూమిని ఆక్రమించడానికి ప్రయత్నించాడని, మీ పొరుగువారికి మీరు ఎలా రుజువు చేస్తారు? సరిహద్దులలో వ్యత్యాసాన్ని పరిష్కరించడానికి గ్రామ పెద్దల సహాయం కోరడం మీ మొదటి దశ కావచ్చు. కానీ, ఊరి పెద్దల భిన్నాభిప్రాయాలతో కొంత మంది మీరు చెప్పింది సరైనదని మరియు మరికొందరు మీ పొరుగువాడు సరైనవాడని భావిస్తారు. మీరు ఏమి చేయగలరు? అందరికీ ఆమోదయోగ్యమైన, మీ భూమి యొక్క సరిహద్దుల కోసం మీ హక్కును రుజువుపరిచే మార్గాన్ని కనుగొనడం మీకున్న ఏకైకమార్గం . ఉదాహరణకు, ఒకవేళ అవసరం అయితే, మీరు సరైనవారని మరియు మీ పొరుగువారు సరైనవారు కాదని అని రుజువు చేయడం కొరకు, ప్రభుత్వంచే ఆమోదించిన మీ గ్రామం యొక్క సర్వోమ్యాప్ని, కోర్టులో ఉపయోగించవచ్చు.



మనం ఇప్పుడు మరో పరిస్థితిని చూద్దాం. మీ అమృగారు 2005 ఆగస్టు నెలకు మీ ఇంటి విద్యుత్ బిల్లును చెల్లించిందనుకోండి. అయితే, వారు సెప్టెంబర్ 2005 నాటి బిల్లులో ఆగస్టుకు సంబంధించిన బిల్లు చెల్లించబడలేదని ఇచ్చారు. విద్యుత్ శాఖ ద్వారా ఇచ్చిన ఈ బిల్లును మీరు ఏవిధంగా తప్ప అని నిరూపిస్తారు? మీ ఆగస్టు నెల బిల్లు చెల్లించబడిందని నిరూపించే రసీదును మీరు సమర్పించాల్సి ఉంటుంది.

మన నిత్యజీవితంలో ఒక నిర్దిష్ట ప్రవచనం లేదా ప్రకటన సత్యమో, అసత్యమో అని రుజువు చేయమని మనల్ని తరచుగా కోరే కొన్ని ఉదాహరణలను మీరు ఇప్పుడే చూశారు. అయినప్పటికీ, మనం అనేక ప్రవచనాలను నిరూపించకుండానే అంగీకరిస్తాం. కానీ, గణితశాస్త్రం యొక్క తర్వాత ప్రకారం, గణితంలో ఒక వాక్యాన్ని సత్యం లేదా అసత్యం అని మాత్రమే మనం అంగీకరిస్తాం (కొన్ని స్వీకృతాలలో తప్ప).

In fact, proofs in mathematics have been in existence for thousands of years, and they are central to any branch of mathematics. The first known proof is believed to have been given by the Greek philosopher and mathematician Thales. While mathematics was central to many ancient civilisations like Mesopotamia, Egypt, China and India, there is no clear evidence that they used proofs the way we do today.

In this chapter, we will look at what a statement is, what kind of reasoning is involved in mathematics, and what a mathematical proof consists of.

## A1.2 Mathematically Acceptable Statements

In this section, we shall try to explain the meaning of a mathematically acceptable statement. A ‘statement’ is a sentence which is not an order or an exclamatory sentence. And, of course, a statement is not a question! For example,

“What is the colour of your hair?” is not a statement, it is a question.

“Please go and bring me some water.” is a request or an order, not a statement.

“What a marvellous sunset!” is an exclamatory remark, not a statement.

However, “The colour of your hair is black” is a statement.

In general, statements can be one of the following:

- *always true*
- *always false*
- *ambiguous*

The word ‘ambiguous’ needs some explanation. There are two situations which make a statement ambiguous. The first situation is when we cannot decide if the statement is always true or always false. For example, “Tomorrow is Thursday” is ambiguous, since enough of a context is not given to us to decide if the statement is true or false.

The second situation leading to ambiguity is when the statement is subjective, that is, it is true for some people and not true for others. For example, “Dogs are intelligent” is ambiguous because some people believe this is true and others do not.

**Example 1 :** State whether the following statements are always true, always false or ambiguous. Justify your answers.

- (i) There are 8 days in a week.
- (ii) It is raining here.
- (iii) The sun sets in the west.

వాస్తవానికి, వేల సంవత్సరాలుగా గణితంలో నిరూపణలు ఉనికిలో ఉన్నాయి మరియు అవి గణితం యొక్క ఏ శాఖకు అయిన కేంద్రబిందువుగా ఉన్నాయి. మొదటగా వెలుగులోకి వచ్చిన నిరూపణ “గ్రీకు తత్వవేత్త మరియు గణిత శాష్ట్రజ్ఞుడు థేర్న్ చే ఇవ్వబడిందని భావిస్తున్నారు”. మెసాపాటేమియా, ఈజిప్పు, చైనా, ఇండియా వంటి అనేక ప్రాచీన నాగరికతలకు గణితశాస్త్రం కేంద్రంగా ఉండగా, నేడు మనం చేసే విధంగా, వారు నిరూపణలను ఉపయోగించారనడానికి స్పష్టమైన ఆధారాలు లేవు.

ఈ అధ్యాయంలో, ఒక ప్రవచనం అంటే ఏమిలీ, గణితంలో ఎటువంటి తర్వాత ఉంది మరియు ఒక గణిత నిరూపణలో ఏమేమి వుంటాయి అనే విషయాలను చూద్దాం.

### A1.2 గణితపరంగా ఆమోదయోగ్యమైన ప్రవచనాలు

ఈ విభాగంలో, గణితపరంగా ఆమోదయోగ్యమైన ప్రవచనం యొక్క అర్థాన్ని వివరించడానికి మనం ప్రయత్నిస్తాం. ‘ప్రవచనం’ ‘అనేది ఒక ఆదేశం లేదా ఆశ్చర్యకరమైన వాక్యం కాదు మరియు వాస్తవానికి ఒక ప్రవచనం ఒక ప్రత్యుత్తమా కాదు ! ఉదాహరణకు,

“మీ జాట్లు రంగు ఏమిలీ?” ఇది ఒక ప్రవచనం కాదు, ఇది ఒక ప్రత్యుత్తమా.

“దయచేసి వెళ్లి నాకు కొంచెం నీరు తీసుకురండి.” ఇది ఒక అభ్యర్థన లేదా ఒక ఆదేశం, ఒక ప్రవచనం కాదు.

“ఎంత అద్భుతమైన సూర్యాస్తమయం!” ఇది ఒక ఆశ్చర్యకరమైన వ్యాఖ్య, ఒక ప్రవచనం కాదు.

అయితే, “మీ జాట్లు యొక్క రంగు నలువుగా ఉంది” అనేది ఒక ప్రవచనం.

సాధారణంగా, ప్రవచనాలు దిగువ పేరొన్నవాటిలో ఏదో ఒకటికి చెందవచ్చు).

- ఎల్లప్పుడూ సత్యాం
- ఎల్లప్పుడూ అసత్యాం
- అస్పష్టమైన

‘అస్పష్టమైన’ అనే పదానికి కొంత వివరణ అవసరం. ఒక ప్రవచనం అస్పష్టంగా వుండే రెండు సందర్భాలు ఉన్నాయి. ప్రవచనం ఎల్లప్పుడూ సత్యమా లేదా ఎల్లప్పుడూ అసత్యమా అని మనం నిర్ణయించలేకపోవడం మొదటి పరిస్థితి. ఉదాహరణకు, “రేపు గురువారం” అస్పష్టంగా ఉంది, ఎందుకంటే ఆ ప్రవచనం సత్యమా లేదా అసత్యమా అని నిర్ణయించుకోవడానికి మనకు తగిన సందర్భం ఇవ్వబడలేదు.

అస్పష్టతకు దారితీసే రెండవ పరిస్థితి ఏమిటంటే, ప్రవచనం వ్యక్తిగత అభిప్రాయంతో ముడిపడి ఉంది. అంటే, ఇది కొంతమంది వ్యక్తులకు సత్యంగాను మరియు ఇతరులకు అసత్యంగాను ఉంటుంది. ఉదాహరణకు, “కుక్కలు తెలివైనవి” అనేది అస్పష్టంగా ఉంది. ఎందుకంటే, ఇది కొంతమంది సత్యమని నమ్ముతారు మరియు ఇతరులు నమ్మరు.

**ఉదాహరణ 1 :** ఈ క్రింది వాక్యాలు ఎల్లప్పుడూ సత్యమా, ఎల్లప్పుడూ అసత్యమా లేదా అస్పష్టమైనవా పేరొన్నండి. మీ సమాధానాలను సమర్థించుకోండి.

- (i) వారంలో 8 రోజులు ఉంటాయి.
- (ii) ఇక్కడ వర్షం పడుతూ ఉంది.
- (iii) పశ్చిమాన సూర్యుడు అస్తమిస్తాడు.

- (iv) Gauri is a kind girl.
- (v) The product of two odd integers is even.
- (vi) The product of two even natural numbers is even.

**Solution :**

- (i) This statement is always false, since there are 7 days in a week.
- (ii) This statement is ambiguous, since it is not clear where ‘here’ is.
- (iii) This statement is always true. The sun sets in the west no matter where we live.
- (iv) This statement is ambiguous, since it is subjective—Gauri may be kind to some and not to others.
- (v) This statement is always false. The product of two odd integers is always odd.
- (vi) This statement is always true. However, to justify that it is true we need to do some work.  
It will be proved in Section A1.4.

As mentioned before, in our daily life, we are not so careful about the validity of statements. For example, suppose your friend tells you that in July it rains everyday in Manantavadi, Kerala. In all probability, you will believe her, even though it may not have rained for a day or two in July. Unless you are a lawyer, you will not argue with her!

As another example, consider statements we often make to each other like “it is very hot today”. We easily accept such statements because we know the context even though these statements are ambiguous. ‘It is very hot today’ can mean different things to different people because what is very hot for a person from Kumaon may not be hot for a person from Chennai.



But a mathematical statement cannot be ambiguous. *In mathematics, a statement is only acceptable or valid, if it is either true or false.* We say that a statement is true, if it is always true otherwise it is called a false statement.

For example,  $5 + 2 = 7$  is always true, so ‘ $5 + 2 = 7$ ’ is a true statement and  $5 + 3 = 7$  is a false statement.

- (iv) గౌరి దయగల అమ్మాయి.
- (v) రెండు బేసి పూర్క సంబుల లభ్యం ఒక సరిసంబుల్.
- (vi) రెండు సరి సహజ సంబుల లభ్యం ఒక సరిసంబుల్.

### సాధన:

- (i) వారంలో 7 రోజులే ఉంటాయి. కనుక, ఈ ప్రవచనం ఎల్లప్పుడూ అనత్యం.
- (ii) ఈ ప్రవచనం అస్పష్టంగా ఉంది, ఎందుకంటే ‘ఇక్కడ’ అంటే ఎక్కడో అనేది స్పష్టతలేని కారణంగా.
- (iii) ఈ ప్రవచనం ఎల్లప్పుడూ సత్యం. మనం ఎక్కడ నివసిస్తున్నా పశ్చిమంలో సూర్యుడు అస్తమిస్తాడు.
- (iv) ఈ ప్రవచనం అస్పష్టంగా ఉంది. ఎందుకంటే ఇది వ్యక్తిగత అభిప్రాయంతో ముడిపడి ఉంది. గౌరి కొంతమంది పట్ల దయగా ఉండవచ్చు మరియు కొంతమంది పట్ల దయగా ఉండకపోవచ్చు.
- (v) ఈ ప్రవచనం ఎల్లప్పుడూ అనత్యం. రెండు బేసి పూర్క సంబుల లభ్యం ఎల్లప్పుడూ బేసి సంబుల్.
- (vi) ఈ ప్రవచనం ఎల్లప్పుడూ సత్యం. అయినప్పటికీ, అది సత్యమని సమర్థించుకోవడానికి మనం కొంత పని చేయాల్సిన అవసరం ఉంది. ఇది సెక్షన్ A1.4 లో నిరూపించబడుతుంది.

ముందుగా ప్రస్తావించబడినట్లు, మన దైనందిన జీవితంలో, ప్రవచనాల ప్రామాణికత విషయంలో మనం అంత జాగ్రత్తగా ఉండము. ఉదాహరణకు, జూలైలో కేరళలోని మనంతావాడిలో, ప్రతిరోజు వర్షాలు కురుస్తాయని మీ స్నేహితురాలు మీకు చెప్పిందనుకుందాం. జూలైలో ఒకటి లేదా రెండు రోజులు వర్షం పడనప్పటికీ, మీరు ఆమెను విశ్వసించే అవకాశం ఉంది. మీరు న్యాయవాది అయితే తప్ప, మీరు ఆమెతో వాదించరు!

మరొక ఉదాహరణగా, “ఈ రోజు చాలా వేడిగా ఉంది” వంటి మనం తరచూ ఒకరు మరొకరితో చేసే వాక్యాలను పరిశీలించండి. ఈ వాక్యాలు అస్పష్టంగా ఉన్నప్పటికీ సందర్భం మనకు తెలుసు కాబట్టి, మనం అటువంటి వాక్యాలను సులభంగా అంగీకరిస్తాం. ‘ఈ రోజు చాలా వేడిగా ఉంది’ అనేది వేర్యు వ్యక్తులకు వేర్యు విషయాలను సూచిస్తుంది, ఎందుకంటే కుమావోన్ నుండి వచ్చిన ఒక వ్యక్తికి చాలా వేడిగా ఉన్న విషయం, చెప్పే నుండి వచ్చిన వ్యక్తికి ఉండకపోవచ్చు.



కానీ ఒక గణిత ప్రవచనం అస్పష్టంగా ఉండకూడదు. గణితంలో, ఒక ప్రవచనం సత్యమా లేదా అనత్యమో అయితే, అది ఆమోదయోగ్యమైనది లేదా చెల్లుబాటు అవుతుంది. ఒక ప్రవచనం ఎల్లప్పుడూ సత్యం అయితే సత్యప్రవచనం అని, లేనిచో దానిని అనత్యప్రవచనం అని అంటారు. .

ఉదాహరణకు,  $5 + 2 = 7$  అనేది ఎల్లప్పుడూ సత్యం, కాబట్టి ‘ $5 + 2 = 7$ ’ అనేది ఒక సత్యప్రవచనం మరియు  $5 + 3 = 7$  అనేది ఒక అనత్యప్రవచనం.

**Example 2 :** State whether the following statements are true or false:

- (i) The sum of the interior angles of a triangle is  $180^\circ$ .
- (ii) Every odd number greater than 1 is prime.
- (iii) For any real number  $x$ ,  $4x + x = 5x$ .
- (iv) For every real number  $x$ ,  $2x > x$ .
- (v) For every real number  $x$ ,  $x^2 \geq x$ .
- (vi) If a quadrilateral has all its sides equal, then it is a square.

**Solution :**

- (i) This statement is true. You have already proved this in Chapter 6.
- (ii) This statement is false; for example, 9 is not a prime number.
- (iii) This statement is true.
- (iv) This statement is false; for example,  $2 \times (-1) = -2$ , and  $-2$  is not greater than  $-1$ .
- (v) This statement is false; for example,  $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$ , and  $\frac{1}{4}$  is not greater than  $\frac{1}{2}$ .
- (vi) This statement is false, since a rhombus has equal sides but need not be a square.

You might have noticed that to establish that a statement is not true according to mathematics, all we need to do is to find one case or example where it breaks down. So in (ii), since 9 is not a prime, it is an example that shows that the statement “Every odd number greater than 1 is prime” is not true. Such an example, that counters a statement, is called a *counter-example*. We shall discuss counter-examples in greater detail in Section A1.5.

You might have also noticed that while Statements (iv), (v) and (vi) are false, they can be restated with some conditions in order to make them true.

**Example 3 :** Restate the following statements with appropriate conditions, so that they become true statements.

- (i) For every real number  $x$ ,  $2x > x$ .
- (ii) For every real number  $x$ ,  $x^2 \geq x$ .
- (iii) If you divide a number by itself, you will always get 1.
- (iv) The angle subtended by a chord of a circle at a point on the circle is  $90^\circ$ .
- (v) If a quadrilateral has all its sides equal, then it is a square.

**ఉదాహరణ 2 :** దిగువ పేర్కొన్న ప్రవచనాలు సత్యమా లేదా అసత్యమా తెలుపండి:

- (i) ఒక త్రిభుజంలో అంతర కోణాల మొత్తం  $180^\circ$ .
- (ii) 1 కంటే పెద్దదైన ప్రతి బేసి సంఖ్య ఒక ప్రధాన సంఖ్య అగును.
- (iii) ఏదైనా వాస్తవ సంఖ్య  $x$  కు,  $4x + x = 5x$ .
- (iv) ప్రతి వాస్తవ సంఖ్య  $x$  కు,  $2x > x$ .
- (v) ప్రతి వాస్తవ సంఖ్య  $x$  కు,  $x^2 \geq x$ .
- (vi) ఒక చతుర్భుజంలో అన్ని భుజాలు సమానం అయితే అది ఒక చతురస్రం అగును.

**సాధన :**

- (i) ఈ ప్రవచనం సత్యం. ఈ విషయాన్ని మీరు ఇప్పటికే వె అధ్యాయంలో నిరూపించారు.
- (ii) ఈ ప్రవచనం అసత్యం; ఉదాహరణకు, 9 అనేది ప్రధాన సంఖ్య కాదు.
- (iii) ఈ ప్రవచనం సత్యం.
- (iv) ఈ ప్రవచనం అసత్యం; ఉదాహరణకు  $2 \times (-1) = -2$ , మరియు  $-2$  అనేది  $-1$  కంటే ఎక్కువ కాదు.
- (v) ఈ ప్రవచనం అసత్యం; ఉదాహరణకు  $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$ , మరియు  $\frac{1}{4}$  అనేది  $\frac{1}{2}$  కంటే ఎక్కువ కాదు.
- (vi) ఈ ప్రవచనం అసత్యం, ఎందుకంటే ఒక రాంబస్కు సమాన భుజాలుంటాయి, అయితే అది చతురస్రమే కానవసరం లేదు.

గణితశాస్త్ర ప్రకారం, ఒక ప్రవచనం నిజం కాదని నిర్ధారించడానికి మనం చేయవలసినది ఒక ఉదాహరణను కనుగొనడమేనని మీరు గమనించి ఉండవచ్చు. కాబట్టి (ii) లో “1 కంటే పెద్దదైన ప్రతి బేసి సంఖ్య ప్రధాన సంఖ్య” అనే ప్రవచనం సత్యం కాదని చూపించే ఒక ఉదాహరణ, 9 అనేది ప్రధానసంఖ్య కాదు. ఒక ప్రవచనం అసత్యం అని నిరూపించడానికి ఇచ్చే ఉదాహరణను ప్రత్యుధాహరణ అని అంటారు. మనం సెక్కన్ ఆ1.5లో ప్రత్యుధాహరణల గురించి మరింత వివరంగా చర్చించాం.

ప్రవచనాలు (iv), (v) మరియు (vi) అసత్యాలు. కాని వాటిని కొన్ని నియమాలతో తిరిగి సత్యప్రవచనాలుగా మార్చివచ్చని కూడా మీరు గమనించి ఉండవచ్చు.

**ఉదాహరణ 3 :** ఈ క్రింది ప్రవచనాలను తగిన నియమాలతో తిరిగి సత్యప్రవచనాలుగా తెలుపండి.

- (i) ప్రతి వాస్తవ సంఖ్య  $x$ ,  $2x > x$ .
- (ii) ప్రతి వాస్తవ సంఖ్య  $x$ ,  $x^2 \geq x$ .
- (iii) ఒక సంఖ్యను అదేసంఖ్యచే భాగించినట్లుయితే, మీరు ఎల్లప్పుడూ 1ని పొందుతారు.
- (iv) వృత్తంలో ఒక జ్యా, వృత్తంపై ఒక బిందువు వద్ద ఏర్పరచు కోణం  $90^\circ$ .
- (v) ఒక చతుర్భుజంలో అన్ని భుజాలు సమానం అయితే అది ఒక చతురస్రం అగును.

**Solution :**

- (i) If  $x > 0$ , then  $2x > x$ .
- (ii) If  $x \leq 0$  or  $x \geq 1$ , then  $x^2 \geq x$ .
- (iii) If you divide a number except zero by itself, you will always get 1.
- (iv) The angle subtended by a diameter of a circle at a point on the circle is  $90^\circ$ .
- (v) If a quadrilateral has all its sides and interior angles equal, then it is a square.

**EXERCISE A1.1**

1. State whether the following statements are always true, always false or ambiguous. Justify your answers.
  - (i) There are 13 months in a year.
  - (ii) Diwali falls on a Friday.
  - (iii) The temperature in Magadi is  $26^\circ\text{C}$ .
  - (iv) The earth has one moon.
  - (v) Dogs can fly.
  - (vi) February has only 28 days.
2. State whether the following statements are true or false. Give reasons for your answers.
  - (i) The sum of the interior angles of a quadrilateral is  $350^\circ$ .
  - (ii) For any real number  $x$ ,  $x^2 \geq 0$ .
  - (iii) A rhombus is a parallelogram.
  - (iv) The sum of two even numbers is even.
  - (v) The sum of two odd numbers is odd.
3. Restate the following statements with appropriate conditions, so that they become true statements.
  - (i) All prime numbers are odd.
  - (ii) Two times a real number is always even.
  - (iii) For any  $x$ ,  $3x + 1 > 4$ .
  - (iv) For any  $x$ ,  $x^3 \geq 0$ .
  - (v) In every triangle, a median is also an angle bisector.

**A1.3 Deductive Reasoning**

The main logical tool used in establishing the truth of an **unambiguous** statement is *deductive reasoning*. To understand what deductive reasoning is all about, let us begin with a puzzle for you to solve.

### సాధన :

- $x > 0$  అయితే అప్పుడు  $2x > x$ .
- $x \leq 0$  లేదా  $x \geq 1$ , అయితే అప్పుడు  $x^2 \geq x$ .
- మీరు నున్నా మినహ ఒక సంఖ్యను అదే సంఖ్యచే భాగించినట్లయితే, మీరు ఎల్లప్పుడూ 1ని పొందుతారు.
- వృత్తం మీద ఒక బిందువు వద్ద, ఒక వృత్తం యొక్క వ్యాసం ఏర్పరచిన కోణం  $90^\circ$ .
- ఒక చతుర్భుజంలో అన్ని భూజాలు మరియు అంతర కోణాలు సమానం అయితే అప్పుడు అది చతురస్రం అగును.

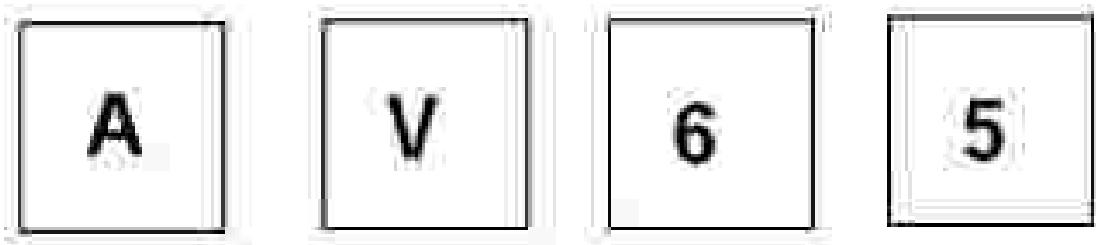
### అభ్యాసం A1.1

- దిగువ పేరొన్న ప్రవచనాలు ఎల్లప్పుడూ సత్యమా, ఎల్లప్పుడూ అసత్యమా లేదా అస్పష్టంగా ఉన్నాయా అనేది తెలియజేయండి. మీ సమాధానాలను సమర్థించండి.
  - సంవత్సరానికి 13 నెలలు ఉంటాయి.
  - దీపావళి శుక్రవారం వస్తుంది.
  - మాగాడిలో ఉప్పోటిగ్రత  $26^\circ C$  ఉంటుంది.
  - భూమికి ఒక చంద్రుడు ఉన్నాడు.
  - కుక్కలు ఎగరగలవు.
  - ఫ్లిబ్రాపరిలో  $28^\circ C$  జులై మాత్రమే ఉన్నాయి.
- దిగువ పేరొన్న ప్రవచనాలు సత్యమా లేదా అసత్యమా పేరొనండి. మీ సమాధానాలకు కారణాలను తెలపండి.
  - ఒక చతుర్భుజం యొక్క అంతర కోణాల మొత్తం  $350^\circ$ .
  - ఏదైనా వాస్తవ సంఖ్య  $x$  కొరకు,  $x^2 \geq 0$ .
  - రాంబస్ అనేది సమాంతర చతుర్భుజం.
  - రెండు సరిసంఖ్యల మొత్తం ఒకసరిసంఖ్య.
  - రెండు బేసి సంఖ్యల మొత్తం ఒక బేసిసంఖ్య.
- దిగువ ప్రవచనాలను సరియైన నియమాలతో తిరిగి సత్యప్రవచనాలుగా వ్రాయండి.
  - అన్ని ప్రధాన సంఖ్యలు బేసిసంఖ్యలు.
  - ఒక వాస్తవ సంఖ్యకు రెండు రెట్లు ఎల్లప్పుడూ సరిసంఖ్య.
  - ఏదైనా  $x$  కు,  $3x + 1 > 4$ .
  - ఏదైనా  $x$  కు,  $x^3 \geq 0$ .
  - ప్రతి త్రిభుజంలో, ఒక మధ్యగత రేఖ కోణ సమద్విఖండన రేఖ కూడా అగును.

### A1.3 నిగమన నిరూపణ పద్ధతి

నిస్పందేహంగా ప్రవచనం యొక్క సత్యవిలువలు తెలుసుకోవడానికి ఉపయోగించే ఒక ప్రధాన తార్కిక విధానమే నిగమన నిరూపణ పద్ధతి. ఒక పజిల్సు సాధించుట ద్వారా నిగమన నిరూపణ అంటే ఏమిటో పూర్తిగా అర్థం చేసుకుందాం.

You are given four cards. Each card has a number printed on one side and a letter on the other side.



Suppose you are told that these cards follow the rule:

“If a card has an even number on one side, then it has a vowel on the other side.”

What is the **smallest number** of cards you need to turn over to check if the rule is true?

Of course, you have the option of turning over all the cards and checking. But can you manage with turning over a fewer number of cards?

Notice that the statement mentions that a card with an even number on one side has a vowel on the other. It does not state that a card with a vowel on one side must have an even number on the other side. That may or may not be so. The rule also does not state that a card with an odd number on one side must have a consonant on the other side. It may or may not.

So, do we need to turn over ‘A’? No! Whether there is an even number or an odd number on the other side, the rule still holds.

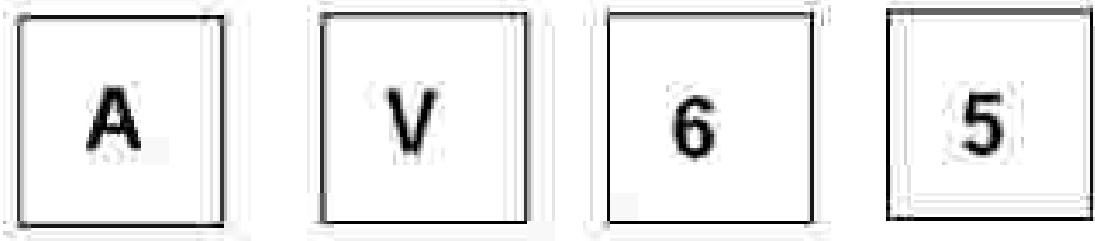
What about ‘5’? Again we do not need to turn it over, because whether there is a vowel or a consonant on the other side, the rule still holds.

But you do need to turn over V and 6. If V has an even number on the other side, then the rule has been broken. Similarly, if 6 has a consonant on the other side, then the rule has been broken.

The kind of reasoning we have used to solve this puzzle is called **deductive reasoning**. It is called ‘deductive’ because we arrive at (i.e., deduce or infer) a result or a statement from a previously established statement using logic. For example, in the puzzle above, by a series of logical arguments we deduced that we need to turn over only V and 6.

Deductive reasoning also helps us to conclude that a particular statement is true, because it is a special case of a more general statement that is known to be true. For example, once we prove that the product of two odd numbers is always odd, we can immediately conclude (without computation) that  $70001 \times 134563$  is odd simply because 70001 and 134563 are odd.

మీకు నాలుగు కార్డులు ఇవ్వబడ్డాయి. ప్రతి కార్డుకు ఒక వైపున ఒక సంఖ్య మరియు మరొక వైపున ఒక అక్షరం ముద్రించబడి ఉంటుంది.



“ఒక కార్డుకు ఒక వైపున సరిసంఖ్య ఉంటే, దానికి మరొక వైపున అచ్చు ఉంటుంది.”

ఈ కార్డులు ఈ నియమాన్ని పాటిస్తాయని మీకు చెప్పబడిందనుకోండి.

ఈ నియమం సత్యమా, కాదా అని చూడడం కొరకు మీరు త్రిప్పి చూడాల్సిన కనిష్ట కార్డుల సంఖ్య ఎంత?

వాస్తవానికి, అన్ని కార్డులను తిప్పడం మరియు తనిటీ చేసే అవకాశం మీకు ఉంది. కానీ తక్కువ సంఖ్యలో కార్డులను తిప్పడం ద్వారా మీరు నిర్వహించగలరా?

ఒక వైపున సరిసంఖ్య కలిగిన కార్డుకు, మరో వైపున అచ్చు ఉందని ప్రవచనంలో పేర్కానడం గమనించండి. ఒక వైపున అచ్చుతో ఉన్న కార్డుకు మరొక వైపున సరిసంఖ్య ఉండాలని అక్కడ పేర్కానలేదు. అది అలా ఉండవచ్చు లేదా ఉండకపోవచ్చు. ఒక వైపున బేసి సంఖ్య ఉన్న కార్డుకు, మరొక వైపున హల్లు ఉండాలనే నియమం కూడా పేర్కానలేదు. ఇది కావచ్చు లేదా కాకపోవచ్చు.

కాబట్టి, మనం ‘A’? ని తిప్పాల్సిన అవసరం ఉందా? లేదు! మరొక వైపు సరిసంఖ్య ఉన్నా లేదా బేసిసంఖ్య ఉన్నా, నియమం అప్పుడు కూడా సత్యమే అవుతుంది.

‘5’ గురించి ఏమిటి? మళ్ళీ మనం దానిని తిప్పవలసిన అవసరం లేదు, ఎందుకంటే, అవతలివైపున అచ్చు లేదా హల్లు ఉన్నా, నియమం అప్పుడు కూడా సత్యమే అవుతుంది.

కానీ మీరు V మరియు 6 లను తిప్పాల్సి ఉంటుంది. ఒకవేళ V కు అవతలి వైపున సరిసంఖ్య ఉన్నట్లయితే, అప్పుడు నియమం ఉల్లంఘించబడింది. అదేవిధంగా, ఒకవేళ 6 కు అవతలి వైపున ఒక హల్లు ఉన్నట్లయితే, అప్పుడు కూడా ఆ నియమం ఉల్లంఘించబడింది.

ఈ పజిల్సు పరిష్కరించడానికి మనం ఉపయోగించిన తార్కికాన్ని నిగమన నిరూపణ పద్ధతి అని అంటారు. ఎందుకంటే మనం ఒక ఫలితాన్ని లేదా తర్వాన్ని ఉపయోగించి నిర్ధారించిన ఒక ప్రవచనం నుంచి మరొక ప్రవచనంకు చేరుకుంటాం. ఉదాహరణకు, పై పజిల్ లో, తార్కిక వాదనల పరంపర ద్వారా, మనం కేవలం V మరియు 6 లను మాత్రమే తిప్పాల్సిన అవసరం ఉందని ఉపహారము. దీనిని ‘నిగమనం’ అని అంటారు.

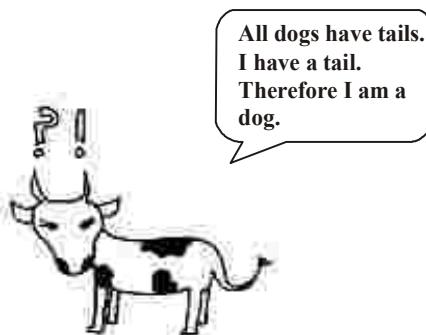
సత్యం అని తెలిసిన నిర్దిష్ట ప్రవచనం యొక్క ప్రత్యేక సందర్భము కూడా సత్యమే. నిగమన నిరూపణ పద్ధతి కూడా ఒక నిర్దిష్ట ప్రవచనం సత్యమని నిర్ధారణకు రావడానికి కూడా మనకు సహాయపడుతుంది. ఉదాహరణకు, రెండు బేసి సంఖ్యల లభ్యం ఎల్లప్పుడూ బేసిసంఖ్యగా ఉంటుందని మనం రుజువు చేసిన తరువాత, 70001 మరియు 134563లు బేసిసంఖ్యలు కనుక  $70001 \times 134563$  బేసిసంఖ్య అని మనం వెంటనే (గణన లేకుండా) నిర్ధారణకు రావచ్చు.

Deductive reasoning has been a part of human thinking for centuries, and is used all the time in our daily life. For example, suppose the statements “The flower Solaris blooms, only if the maximum temperature is above  $28^{\circ}\text{C}$  on the previous day” and “Solaris bloomed in Imaginary Valley on 15th September, 2005” are true. Then using deductive reasoning, we can conclude that the maximum temperature in Imaginary Valley on 14th September, 2005 was more than  $28^{\circ}\text{C}$ .

Unfortunately we do not always use correct reasoning in our daily life! We often come to many conclusions based on faulty reasoning. For example, if your friend does not smile at you one day, then you may conclude that she is angry with you. While it may be true that “if she is angry with me, she will not smile at me”, it may also be true that “if she has a bad headache, she will not smile at me”. Why don’t you examine some conclusions that you have arrived at in your day-to-day existence, and see if they are based on valid or faulty reasoning?

### EXERCISE A1.2

1. Use deductive reasoning to answer the following:
  - (i) Humans are mammals. All mammals are vertebrates. Based on these two statements, what can you conclude about humans?
  - (ii) Anthony is a barber. Dinesh had his hair cut. Can you conclude that Anthony cut Dinesh’s hair?
  - (iii) Martians have red tongues. Gulag is a Martian. Based on these two statements, what can you conclude about Gulag?
  - (iv) If it rains for more than four hours on a particular day, the gutters will have to be cleaned the next day. It has rained for 6 hours today. What can we conclude about the condition of the gutters tomorrow?
  - (v) What is the fallacy in the cow’s reasoning in the cartoon below?



నిగమన తార్కిక పద్ధతి శతాబ్దాలుగా మానవ ఆలోచనలో ఒక భాగం, మరియు మన దైనందిన జీవితంలో ఎల్లప్పుడూ ఉపయోగించబడుతుంది. ఉదాహరణకు, “ముందు రోజున గరిష్ట ఉష్ణోగ్రత  $28^{\circ}\text{C}$  కంటే ఎక్కువగా ఉంటేనే సోలారిస్ పువ్వు వికసిస్తుంది, మరియు “2005 సెప్టెంబరు 15 న ఊహాత్మక లోయలో సోలారిస్ వికసించింది” అనే వాక్యాలు నిజమని అనుకోండి. తరువాత నిగమన తార్కిక పద్ధతి ఉపయోగించి, 2005 సెప్టెంబర్ 14న ఊహాత్మక లోయలో గరిష్ట ఉష్ణోగ్రత  $28^{\circ}\text{C}$  కంటే ఎక్కువగా ఉందని మనం నిర్ధారణకు రావచ్చు .

దురదృష్టవశాత్తు మన దైనందిన జీవితంలో మనం ఎల్లప్పుడూ సరైన తర్వాతి ఉపయోగించలేదు! లోపభూయిష్టమైన తార్కికం ఆధారంగా మనం తరచూ అనేక నిర్ధారణలకు వస్తాం. ఉదాహరణకు, ఒక రోజు మీ స్నేహితురాలు మిమ్మల్ని చూసి చిరునవ్వు నవ్వకపోతే, అప్పుడు ఆమె మీపై కోపంగా ఉందని మీరు నిర్ధారణకు రావచ్చు. “ఆమె నాపై కోపంగా ఉంటే, ఆమె నన్ను చూసి చిరునవ్వు నవ్వదు” అనేది నిజం అయినప్పటికీ, “ఆమెకు తలనొప్పి ఎక్కువగా ఉంటే, ఆమె నన్ను చూసి నవ్వదు” అనేది కూడా నిజం కావచ్చు. మీ దైనందిన జీవితంలో మీరు నిర్ధారించిన కొన్ని ప్రవచనాలు అవి చెల్లబాటు అయ్యేవా లేదా లోపభూయిష్టమైన తర్వాతి ఆధారపడి ఉన్నాయో లేదో ఎందుకు చూడకూడదు?

## అభ్యాసం A1.2

1. నిగమన తార్కిక పద్ధతిని ఉపయోగించి దిగువవాటికి సమాధానం ఇవ్వండి.

- (i) మానవులు క్షీరదాలు. అన్ని క్షీరదాలు సకలేరుకాలు. ఈ రెండు ప్రకటనల ఆధారంగా, మానవుల గురించి మీరు ఏమి నిర్ధారించవచ్చు?
- (ii) అంధోనీ ఒక మంగళి. దినేష్ జుట్టు కత్తిరించుకున్నాడు. ఆంటోనీ దినేష్ జుట్టును కత్తిరించాడని మీరు నిర్ధారించగలరా?
- (iii) అంగారక గ్రహవాసులకు ఎర్రటి నాలుకలు ఉంటాయి. గులాగ్ ఒక అంగారకుడు. ఈ రెండు ప్రవచనాల ఆధారంగా, గులాగ్ గురించి మీరు ఏమి చెప్పగలరు?
- (iv) ఒక నిర్దిష్ట రోజులో నాలుగు గంటలకుపైగా వర్షం పడితే, మరుసటి రోజు మురికి కాలువలను శుభ్రం చేయాల్సి ఉంటుంది. ఈ రోజు 6 గంటల పాటు వర్షం కురిసింది. రేపు మురికి కాలువల పరిస్థితి గురించి మనం ఏమి నిర్ధారణకు రావచ్చు?
- (v) దిగువ కార్బోన్లో ఆవు తార్కికతలో ఉన్న అపోహ ఏమిటి?



2. Once again you are given four cards. Each card has a number printed on one side and a letter on the other side. Which are the only two cards you need to turn over to check whether the following rule holds?

“If a card has a consonant on one side, then it has an odd number on the other side.”



#### A1.4 Theorems, Conjectures and Axioms

So far we have discussed statements and how to check their validity. In this section, you will study how to distinguish between the three different kinds of statements mathematics is built up from, namely, a theorem, a conjecture and an axiom.

You have already come across many theorems before. So, what is a theorem? A mathematical statement whose truth has been established (proved) is called a *theorem*. For example, the following statements are theorems, as you will see in Section A1.5.

**Theorem A1.1 :** *The sum of the interior angles of a triangle is  $180^\circ$ .*

**Theorem A1.2 :** *The product of two even natural numbers is even.*

**Theorem A1.3 :** *The product of any three consecutive even natural numbers is divisible by 16.*

A *conjecture* is a statement which we believe is true, based on our mathematical understanding and experience, that is, our mathematical intuition. The conjecture may turn out to be true or false. If we can prove it, then it becomes a theorem. Mathematicians often come up with conjectures by looking for patterns and making intelligent mathematical guesses. Let us look at some patterns and see what kind of intelligent guesses we can make.

**Example 4 :** Take any three consecutive even numbers and add them, say,

$$2 + 4 + 6 = 12, 4 + 6 + 8 = 18, 6 + 8 + 10 = 24, 8 + 10 + 12 = 30, 20 + 22 + 24 = 66.$$

Is there any pattern you can guess in these sums? What can you conjecture about them?

**Solution :** One conjecture could be :

(i) the sum of three consecutive even numbers is even.

Another could be :

(ii) the sum of three consecutive even numbers is divisible by 6.

2. మరోసారి మీకు నాలుగు కార్డులు ఇప్పబడ్డాయి. ప్రతి కార్డుకు ఒక వైపున ఒక సంఖ్య మరియు మరొక వైపున ఒక అక్షరం ముద్రించబడి ఉంటుంది. “ఒక కార్డుకు ఒక వైపున హల్లు ఉన్నట్లయితే, దానికి మరొక వైపున బేసి సంఖ్య ఉంటుంది.” అనే నియమం సత్యమా కాదా నిరూపించడానికి ఏ రెండు కార్డులను త్రిప్పి చూడాలి?
- “కార్డునకు ఒక వైపు హల్లు కలిగి ఉంటే అది రెండవ వైపు బేసి సంఖ్యను కలిగి ఉంటుంది.



#### A1.4 సిద్ధాంతాలు, పరికల్పనలు మరియు స్వీకృతాలు

మనం ఇప్పటివరకు ప్రవచనాలు మరియు వాటి యొక్క సత్య విలువలను ఎలా నిర్ణయించాలనే దాని గురించి చర్చించాం. ఈ విభాగంలో, ఒక సిద్ధాంతం, ఒక పరికల్పన మరియు స్వీకృతాల నుండి నిర్మించబడిన గణిత శాస్త్రంలో మూడు విభిన్న రకాల ప్రవచనాల మర్యాద భేదంను ఎలా గుర్తించాలో మీరు నేర్చుకుంటారు.

మీరు ఇంతకు ముందు అనేక సిద్ధాంతాలను చూశారు. కాబట్టి, సిద్ధాంతం అంటే ఏమిటి? నిరూపణ చేయబడిన ఒక గణిత ప్రవచనంను సిద్ధాంతం అంటారు. ఉదాహరణకు, ఈ క్రింది ప్రవచనాలు సిద్ధాంతాలు, మీరు ఏటిని సెక్కు ఆ1.5. లో వివరంగా చూస్తారు.

**సిద్ధాంతం A1.1 :** ఒక త్రిభుజం యొక్క అంతర్గత కోణాల మొత్తం  $180^\circ$ .

**సిద్ధాంతం A1.2 :** రెండు సరి సహజసంఖ్యల లబ్ధం సరి సంఖ్య.

**సిద్ధాంతం A1.3 :** ఏవైనా మూడు వరుస సరి సహజ సంఖ్యల లబ్ధం  $16$  తో నిశ్చేషంగా భాగించబడుతుంది.

మన గణిత అవగాహన మరియు అనుభవం ఆధారంగా, అంటే మన గణిత అంతర్భూషిష్ట ఆధారంగా, మనం నిజమని నమ్మే ఒక ప్రవచనమే పరికల్పన. పరికల్పన అనేది సత్యం లేదా అసత్యం కావచ్చ. మనం దానిని నిరూపణ చేస్తే, అది ఒక సిద్ధాంతం అవుతుంది. గణిత శాస్త్రజ్ఞులు తరుచుగా నమూనాలను వెతకడం ద్వారా మరియు తెలివైన గణిత అంచనాలు చేయడం ద్వారా పరికల్పనలతో ముందుకు వస్తారు. మనం ఇప్పుడు కొన్ని నమూనాలను పరిశీలించాం మరియు మనం ఎలాంటి తెలివైన పరికల్పన చేయగలమో చూద్దాం.

**ఉదాహరణ 4 :** ఏవైనా మూడు వరుస సరిసంఖ్యలను తీసుకొని వాటిని కలపండి, ఉదాహరణకు,

$$2 + 4 + 6 = 12, 4 + 6 + 8 = 18, 6 + 8 + 10 = 24, 8 + 10 + 12 = 30, 20 + 22 + 24 = 66.$$

ఈ మొత్తాల్లో మీరు ఊహించగల నమూనా ఏదైనా ఉందా? వాటి గురించి మీరు ఏమి ఊహించవచ్చు?

**సాధన :** ఒక పరికల్పన ఇలా ఉండవచ్చు.

(i) మూడు వరుస సరిసంఖ్యల మొత్తం సరిసంఖ్య అగును.

మరొకరీ ఇలా ఉండవచ్చు:

(ii) మూడు వరుస సరిసంఖ్యల మొత్తం 6 తో నిశ్చేషంగా భాగించబడుతుంది.

**Example 5 :** Consider the following pattern of numbers called the Pascal's Triangle:

Line	Sum of numbers							
1	1					1		
2		1	1			2		
3		1	2	1		4		
4		1	3	3	1	8		
5		1	4	6	4	1	16	
6		1	5	10	10	5	1	32
7		:			:		:	
8		:			:		:	

What can you conjecture about the sum of the numbers in Lines 7 and 8? What about the sum of the numbers in Line 21? Do you see a pattern? Make a guess about a formula for the sum of the numbers in line  $n$ .

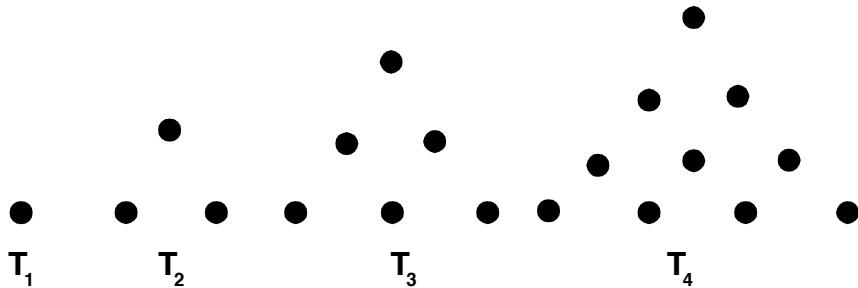
**Solution :** Sum of the numbers in Line 7 =  $2 \times 32 = 64 = 2^6$

Sum of the numbers in Line 8 =  $2 \times 64 = 128 = 2^7$

Sum of the numbers in Line 21 =  $2^{20}$

Sum of the numbers in Line  $n$  =  $2^{n-1}$

**Example 6 :** Consider the so-called triangular numbers  $T_n$ :



**Fig. A1.1**

The dots here are arranged in such a way that they form a triangle. Here  $T_1 = 1$ ,  $T_2 = 3$ ,  $T_3 = 6$ ,  $T_4 = 10$ , and so on. Can you guess what  $T_5$  is? What about  $T_6$ ? What about  $T_n$ ?

**ఉదాహరణ 5 :** పాస్క్యల్ త్రిభుజం అని పిలువబడే సంఖ్యల యొక్క ఈ క్రింది నమూనాను పరిశీలించండి:

వరుస	సంఖ్యల మొత్తం					
1	1					1
2		1	1			2
3		1	2	1		4
4		1	3	3	1	8
5	1	4	6	4	1	16
6	1	5	10	10	5	32
7	:			:		:
8	:			:		:

7 మరియు 8వ వరుసలోని సంఖ్యల మొత్తం గురించి మీరు ఏమి ఊహించగలరు? 21వ వరుసలో మొత్తం గురించి నువ్వు ఏమి అనుకున్నావు? మీరు ఈ నమూనా గమనించారా?  $n$  వ వరుసలోని సంఖ్యల మొత్తంకు ఒక సూత్రాన్నిఇం ఊహించండి.

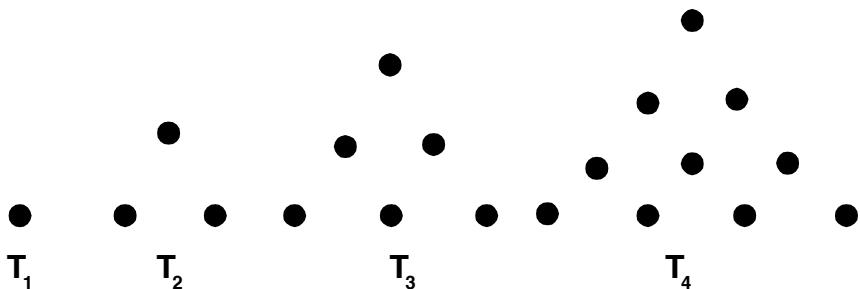
**సాధన :** 7వ వరుసలోని సంఖ్యల మొత్తం  $= 2 \times 32 = 64 = 2^6$

8వ వరుసలోని సంఖ్యల మొత్తం  $= 2 \times 64 = 128 = 2^7$

21వ వరుసలోని సంఖ్యల మొత్తం  $= 2^{20}$

$n$ వ వరుసలోని సంఖ్యల మొత్తం  $= 2^{n-1}$

**ఉదాహరణ 6 :** త్రిభుజాకార సంఖ్యలు  $T_n$  అని పిలువబడే వాటిని పరిగణనలోకి తీసుకోండి:

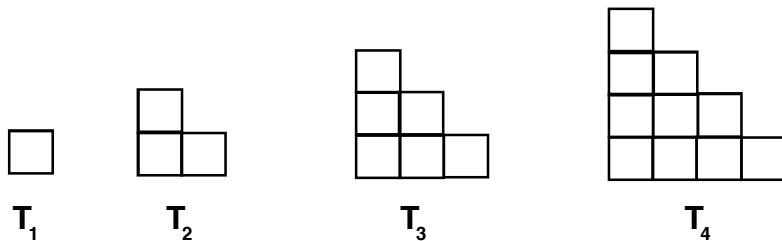


పటం. A1.1

ఇక్కడ చుక్కలు త్రిభుజాన్ని ఏర్పరచే విధంగా అమర్చబడి ఉంటాయి. ఇక్కడ  $T_1 = 1$ ,  $T_2 = 3$ ,  $T_3 = 6$ ,  $T_4 = 10$ , మరియు మొదలైనవి.  $T_5$  అంటే ఏమిటో ఊహించగలరా?  $T_6$  గురించి ఏమిటి?  $T_n$  గురించి ఏమిటి?

Make a conjecture about  $T_n$ .

It might help if you redraw them in the following way.



**Fig. A1.2**

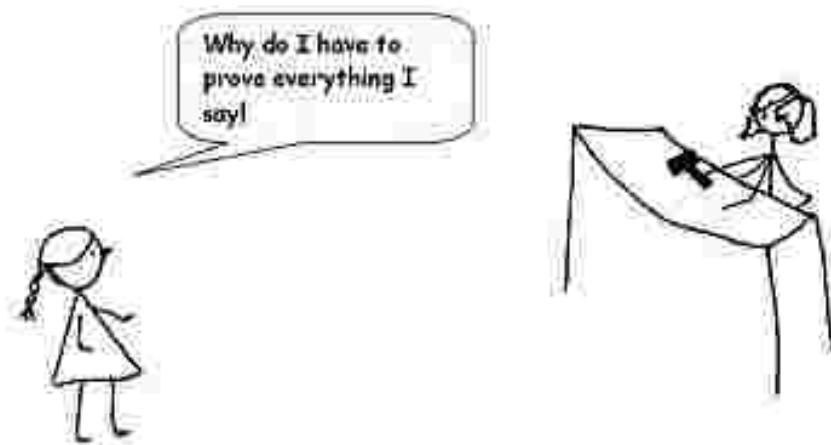
**Solution :**  $T_5 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15 = \frac{5 \times 6}{2}$

$$T_6 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21 = \frac{6 \times 7}{2}$$

$$T_n = \frac{n \times (n + 1)}{2}$$

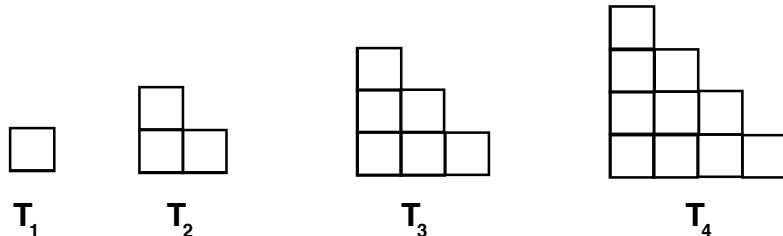
A favourite example of a conjecture that has been open (that is, it has not been proved to be true or false) is the Goldbach conjecture named after the mathematician Christian Goldbach (1690 – 1764). This conjecture states that “*every even integer greater than 4 can be expressed as the sum of two odd primes.*” Perhaps you will prove that this result is either true or false, and will become famous!

You might have wondered – do we need to prove everything we encounter in mathematics, and if not, why not?



$T_n$  గురించి ఒక పరికల్పన చేయండి.

పై వాటిని ఈ క్రింది విధంగా తిరిగి గీయడం వల్ల అవి మీకు పరిక్షనలో సహాయపడవచ్చు).



#### పటం. A1.2

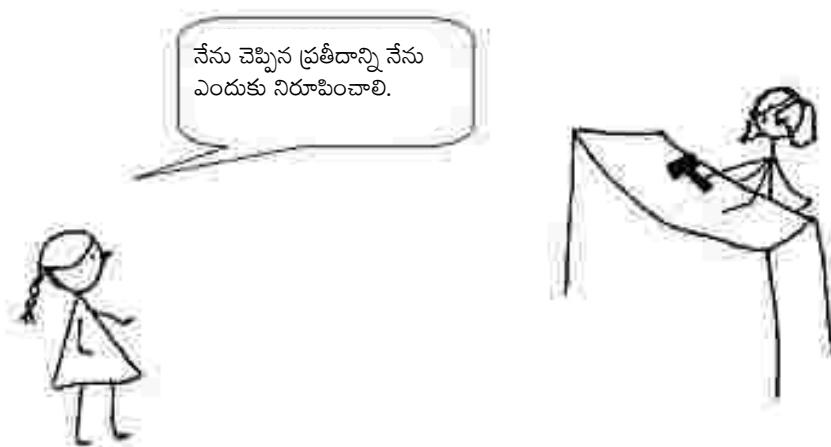
$$\text{సాధన : } T_5 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15 = \frac{5 \times 6}{2}$$

$$T_6 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21 = \frac{6 \times 7}{2}$$

$$T_n = \frac{n \times (n + 1)}{2}$$

ఒక పరికల్పన (అంటే, అది నిజమో, అబద్ధమో ఇప్పటివరకు నిరూపించబడలేదు) సరియైన ఉధారణ కోసం ఎదురు చూస్తుంది. గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు క్రిస్టియన్ గోల్డ్బ్యాక్ (1690 – 1764) పేరు మీద ఉన్న గోల్డ్బ్యాక్ పరికల్పన. “4 కంతే ఎక్కువ ఉన్న ప్రతి సరిపుర్ణాంకాన్ని రెండు బేసి ప్రథానాంకాల మొత్తంగా ప్రాయపడు” అని ఈ పరికల్పన చెబుతోంది. బహుశా, ఈ ఘనితం సత్యమో, అసత్యమో అని మీరు నిరూపిస్తే, బాగా ప్రసిద్ధి చెందుతారు!

మీరు ఆశ్చర్యపోయి ఉండవచ్చు – గణితంలో మనం ఎదురుకొనే ప్రతిదాన్ని మనం నిరూపించాల్సిన అవసరం ఉందా, మరియు కాకపోతే ఎందుకు కాదు?



The fact is that every area in mathematics is based on some statements which are assumed to be true and are not proved. These are ‘self-evident truths’ which we take to be true without proof. These statements are called *axioms*. In Chapter 5, you would have studied the axioms and postulates of Euclid. (We do not distinguish between axioms and postulates these days.)

For example, the first postulate of Euclid states:

*A straight line may be drawn from any point to any other point.*

And the third postulate states:

*A circle may be drawn with any centre and any radius.*

These statements appear to be perfectly true and Euclid assumed them to be true. Why? This is because we cannot prove everything and we need to start somewhere. We need some statements which we accept as true and then we can build up our knowledge using the rules of logic based on these axioms.

You might then wonder why we don’t just accept all statements to be true when they appear self-evident. There are many reasons for this. Very often our intuition can be wrong, pictures or patterns can deceive and the only way to be sure that something is true is to prove it. For example, many of us believe that if a number is multiplied by another, the result will be larger than both the numbers. But we know that this is not always true: for example,  $5 \times 0.2 = 1$ , which is less than 5.

Also, look at the Fig. A1.3. Which line segment is longer, AB or CD?

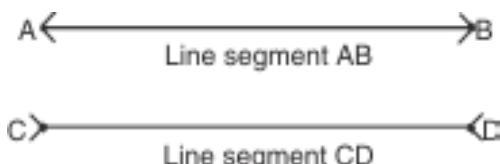


Fig. A1.3

It turns out that both are of exactly the same length, even though AB appears shorter!

You might wonder then, about the validity of axioms. Axioms have been chosen based on our intuition and what appears to be self-evident. Therefore, we expect them to be true. However, it is possible that later on we discover that a particular axiom is not true. What is a safeguard against this possibility? We take the following steps:

- (i) Keep the axioms to the bare minimum. For instance, based on only axioms and five postulates of Euclid, we can derive hundreds of theorems.

వాస్తవం ఏమిటంటే, గణితంలో ప్రతీది కొన్ని ప్రవచనాలపై ఆధారపడి ఉంటుంది. ఇవి నిజమని భావించబడతాయి మరియు నిరూపించబడవు. ఇవి 'స్వియ - నీర్థేశితమైన సత్యాలు', ఏటిని రుజువు లేకుండా సత్యంగా మనం భావిస్తాం. ఈ ప్రవచనాలను స్వీకృతాలు అంటారు. 5 వ అధ్యాయంలో యూక్లిడ్ స్వీకృతాలను, ప్రతిపాదనలను మీరు అధ్యయనం చేసివుంటారు. (మనం ఈ రోజుల్లో స్వీకృతాలు (*axioms*) మరియు ప్రతిపాదనల (*postulates*) మధ్య తేడాను గుర్తించండి).

ఉదాహరణకు, యూక్లిడ్ యొక్క మొదటి స్వీకృతము ఇలా పేర్కొంది:

ఈక బిందువు నుంచి ఏదైనా ఇతర బిందువుకు ఒక సరళరేఖను గీయవచ్చు.

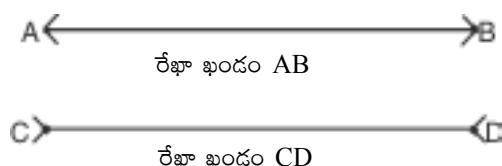
మరియు మూడవ స్వీకృతం ఇలా పేర్కొంది:

ఏదైనా కేంద్రం మరియు వ్యాసార్ధాలతో ఒక వృత్తాన్ని గీయవచ్చు.

ఈ ప్రవచనాలు ఘూర్చిగా సత్యమైనవిగా కనిపిస్తాయి మరియు యూక్లిడ్ అవి సత్యమని భావించాడు. ఎందుకు? ఎందుకంటే మనం ప్రతిది నిరూపించలేం మరియు మనం ఎక్కడో ఒక చోట ప్రారంభించాలి. మనకు కొన్ని ప్రవచనాలు అవసరం, వాటిని మనం సత్యంగా అంగీకరిస్తాం మరియు తరువాత ఈ సూత్రికరణల ఆధారంగా తార్కిక నియమాలను ఉపయోగించి మన జ్ఞానాన్ని పెంపాందించుకోవచ్చు.

అన్ని ప్రవచనాలు స్వియ-నీర్థేశితంగా కనిపించినప్పుడు అవి సత్యమని మనం ఎందుకు అంగీకరించలేము అని మీరు ఆశ్చర్యపోవచ్చు. దీనికి అనేక కారణాలున్నాయి. చాలా తరచుగా మన అంతర భావన తప్పు కావచ్చు, చిత్రాలు లేదా నమూనాలు మోసగించగలవు మరియు ఏదో సత్యం అని నిర్ధారించుకోవడానికి ఏకైక మార్గం దానిని నిరూపించడం. ఉదాహరణకు, మనలో చాలామంది ఒక సంఖ్యను మరో సంఖ్యతో గుణిస్తే, ఆ ఫలితం ఆ రెండు సంఖ్యల కంటే పెద్దదిగా ఉంటుందని నమ్మితారు. కానీ ఇది ఎల్లప్పుడూ సత్యం కాదని మనకు తెలుసు: ఉదాహరణకు,  $5 \times 0.2 = 1$ , ఇది 5 కంటే తక్కువ.

అలాగే, పటం. A1.3 చూడండి. AB లేదా CD , ఏ రేఖాఖండం పొడవుగా ఉంటుంది?



### పటం. A1.3

AB పొట్టిగా కనిపించినప్పటికీ, రెండూ కూడా సరిగ్గా ఒక పొడవుతో ఉన్నాయని తేలింది!

అప్పుడు మీరు స్వీకృతముల ప్రామాణికత గురించి ఆశ్చర్యపోవచ్చు. మన అంతర భావన మరియు స్వియ-నీర్థేశితంగా కనిపించే వాటి ఆధారంగా స్వీకృతాలు ఎంచుకోబడ్డాయి. అందువల్ల, అవి నిజమని మనం ఆశిస్తున్నాం. ఏదేమైనా, ఒక నిర్దిష్ట స్వీకృతం నిజం కాదని తరువాత మనం కనుగొనే అవకాశం ఉంది. స్వీకృతాలు తయారుచేయునప్పుడు తీసుకోవాలిన జాగ్రత్తలు ఏమిటి? మనం ఈ క్రింది దశలను తీసుకుంటాం:

- (i) స్వీకృతాలను కనిప్పిస్తాయిలో ఉంచండి. ఉదాహరణకు, యూక్లిడ్ యొక్క ఐదు స్వీకృతాలు మరియు ఐదు ప్రతిపాదనల ఆధారంగా, మనం వందలాది సిద్ధాంతాలను పొందవచ్చు.

(ii) Make sure the axioms are consistent.

We say a collection of axioms is *inconsistent*, if we can use one axiom to show that another axiom is not true. For example, consider the following two statements. We will show that they are inconsistent.

Statement 1: No whole number is equal to its successor.

Statement 2: A whole number divided by zero is a whole number.

(Remember, **division by zero is not defined**. But just for the moment, we assume that it is possible, and see what happens.)

From Statement 2, we get  $\frac{1}{0} = a$ , where  $a$  is some whole number. This implies that,  $1 = 0$ . But this disproves Statement 1, which states that no whole number is equal to its successor.

(iii) A false axiom will, sooner or later, result in a contradiction. We say that *there is a contradiction, when we find a statement such that, both the statement and its negation are true*. For example, consider Statement 1 and Statement 2 above once again.

From Statement 1, we can derive the result that  $2 \neq 1$ .

Now look at  $x^2 - x^2$ . We will factorise it in two different ways as follows:

$$(i) \quad x^2 - x^2 = x(x - x) \text{ and}$$

$$(ii) \quad x^2 - x^2 = (x + x)(x - x)$$

$$\text{So, } x(x - x) = (x + x)(x - x).$$

From Statement 2, we can cancel  $(x - x)$  from both sides.

We get  $x = 2x$ , which in turn implies  $2 = 1$ .

So we have both the statement  $2 \neq 1$  and its negation,  $2 = 1$ , true. This is a contradiction. The contradiction arose because of the false axiom, that a whole number divided by zero is a whole number.

So, the statements we choose as axioms require a lot of thought and insight. We must make sure they do not lead to inconsistencies or logical contradictions. Moreover, the choice of axioms themselves, sometimes leads us to new discoveries. From Chapter 5, you are familiar with Euclid's fifth postulate and the discoveries of non-Euclidean geometries. You saw that mathematicians believed that the fifth postulate need not be a postulate and is actually a theorem that can be proved using just the first four postulates. Amazingly these attempts led to the discovery of non-Euclidean geometries.

We end the section by recalling the differences between an axiom, a theorem and a conjecture. An **axiom** is a mathematical statement which is assumed to be true

(ii) స్వీకృతాలు స్థిరంగా(consistent) ఉన్నాయని ధృవీకరించుకోండి.

ఒక స్వీకృతాన్ని ఉపయోగించి మరొక స్వీకృతం సత్యం కాదని చూపితే, స్వీకృతాల సేకరణ అస్థిరంగా (inconsistent) ఉందని అంటాం. ఉదాహరణకు, ఈ క్రింది రెండు ప్రవచనాలను పరిశీలించండి. అవి అస్థిరంగా ఉన్నాయని మనం నిరూపిస్తాం.

ప్రవచనం1: ఏ పూర్ణాంకం దాని తరువాత వచ్చే దానికి సమానం కాదు.

ప్రవచనం2: ఏదైనా పూర్ణాంకంను సున్నాతో భాగిస్తే ఒక పూర్ణాంకం వస్తుంది.

(గుర్తుంచుకోండి, సున్నాతో భాగించడం నిర్వచించబడలేదు. కానీ ప్రస్తుతానికి, అది సాధ్యమని మనం భావించాం, మరియు ఏమి జరుగుతుందో చూద్దాం.)

ప్రవచనం 2 నుంచి, మనం దీనిని  $\frac{1}{0} = a$ , ఇక్కడ  $a$  ఏదైనా ఒక పూర్ణాంకం. ఇది  $1 = 0$  అని సూచిస్తుంది. కానీ ఇది ప్రవచనం1 అనగా ఏ పూర్ణాంకం, దాని తరువాత వచ్చే దానికి సమానం కాదు అనే దానికి విరుద్ధం.

(iii) ఒక అసత్య స్వీకృతం, వెంటనే లేదా తర్వాత ఒక విరుద్ధమైన భావనకు దారితీస్తుంది. ఒక ప్రవచనం మరియు దాని వ్యతిరేక ప్రవచనం రెండూ సత్యమే అయితే దానిని మనం విరుద్ధమైన భావన అంటాం. ఉదాహరణకు, పైన పేర్కొన్న ప్రవచనం 1 మరియు ప్రవచనం 2 లను మరోసారి పరిగణనలోకి తీసుకోండి.

ప్రవచనం 1 నుంచి,  $2 \neq 1$  అనే ఘనితాన్ని మనం పొందవచ్చు.

ఇప్పుడు  $x^2 - x^2 = x(x - x)$  మరియు దానిని దిగువ పేర్కొన్నవిధంగా రెండు విభిన్న మార్గాల్లో కారణాంకాలుగా రాశాం:

$$(i) \quad x^2 - x^2 = x(x - x) \text{ మరియు}$$

$$(ii) \quad x^2 - x^2 = (x + x)(x - x)$$

$$\text{కాబట్టి, } x(x - x) = (x + x)(x - x).$$

ప్రవచనం 2 నుండి, మనం రెండువైపుల నుండి  $(x - x)$  ను కొట్టివేయవచ్చు.

మనకు  $x = 2x$ , వస్తుంది, ఇది  $2 = 1$ ని ఇస్తుంది.

కావున మనకు ప్రవచనం  $2 \neq 1$  మరియు దాని వ్యతిరేక ప్రవచనం  $2 = 1$  లు రెండూ సత్యం అగును. ఇది విరుద్ధం. ఏదైనా పూర్ణాంకంను సున్నాతో భాగిస్తే ఒక పూర్ణాంకం వస్తుంది అనే అసత్య స్వీకృతం కారణంగా ఈ విరుద్ధమైన భావన వచ్చింది.

కాబట్టి, స్వీకృతాలుగా మనం ఎన్నుకునే ప్రవచనాలకు చాలా ఆలోచన మరియు అంతర్భాషిటి అవసరం. అవి అస్థిరంగా లేదా తార్కిక విరుద్ధమైన భావనలకు దారి తీయకుండా మనం చూసుకోవాలి. అంతేకాకుండా, స్వయంగా స్వీకృతాలను ఎంపిక చేసుకోవడం కొన్నిసార్లు మనల్ని క్రిత్త ఆవిష్కరణల వైపు నడిపిస్తుంది. అధ్యాయం 5 నుండి, యూక్లిడ్ యొక్క ఐదవ స్వీకృతం మరియు యూక్లిడీయన్ కాని జ్యామితి యొక్క ఆవిష్కరణల గురించి మీకు తెలుసు. గణిత శాస్త్రజ్ఞులు ఐదవ స్వీకృతం ఒక స్వీకృతం కానవసరం లేదని మరియు వాస్తవానికి మొదటి నాలుగు స్వీకృతాలను ఉపయోగించి రుజువు చేయగల ఒక సిద్ధాంతం అని నమ్మారని మీరు చూశారు. ఆశ్చర్యకరంగా, ఈ ప్రయత్నాలు యూక్లిడీయన్ కాని జ్యామితిలను కనుగొనడానికి దారితీశాయి.

ఒక స్వీకృతానికి, ఒక పరికల్పనకి, సిద్ధాంతమునకు మధ్య గల తేడాలను గుర్తు చేసుకోవడం ద్వారా మనం ఈ విభాగాన్ని ముగిస్తాం. స్వీకృతం అనేది నిరూపణ లేకుండానే నిర్వచించాలను భావించే ఒక గణిత ప్రవచనం.

without proof; a **conjecture** is a mathematical statement whose truth or falsity is yet to be established; and a **theorem** is a mathematical statement whose truth has been logically established.

### EXERCISE A1.3

- Take any three consecutive even numbers and find their product; for example,  $2 \times 4 \times 6 = 48$ ,  $4 \times 6 \times 8 = 192$ , and so on. Make three conjectures about these products.

- Go back to Pascal's triangle.

$$\text{Line 1 : } 1 = 1^0$$

$$\text{Line 2 : } 1 \ 1 = 11^1$$

$$\text{Line 3 : } 1 \ 2 \ 1 = 11^2$$

Make a conjecture about Line 4 and Line 5. Does your conjecture hold? Does your conjecture hold for Line 6 too?

- Let us look at the triangular numbers (see Fig.A1.2) again. Add two consecutive triangular numbers. For example,  $T_1 + T_2 = 4$ ,  $T_2 + T_3 = 9$ ,  $T_3 + T_4 = 16$ .

What about  $T_4 + T_5$ ? Make a conjecture about  $T_{n-1} + T_n$ .

- Look at the following pattern:

$$1^2 = 1$$

$$11^2 = 121$$

$$111^2 = 12321$$

$$1111^2 = 1234321$$

$$11111^2 = 123454321$$

Make a conjecture about each of the following:

$$111111^2 =$$

$$1111111^2 =$$

Check if your conjecture is true.

- List five axioms (postulates) used in this book.

### A1.5 What is a Mathematical Proof?

Let us now look at various aspects of proofs. We start with understanding the difference between verification and proof. Before you studied proofs in mathematics, you were mainly asked to verify statements.

For example, you might have been asked to verify with examples that “the product of two even numbers is even”. So you might have picked up two random even numbers,

పరికల్పనలు అనేవి సత్యాలుగా భావిస్తూ ఇంత వరకు నిరూపించబడని గణిత ప్రవచనాలు. సిద్ధాంతాలు అనేవి నిరూపించబడిన గణిత ప్రవచనాలు.

### అభ్యాసం A1.3

- ఏవైనా మూడు వరుస సరి సంఖ్యలను తీసుకోండి మరియు వాటి లబ్ధాన్ని కనుగొనండి; ఉదాహరణకు,  $2 \times 4 \times 6 = 48, 4 \times 6 \times 8 = 192$  మొదలైనవి. ఈ లబ్ధాల గురించి మూడు పరికల్పనలు చేయండి.

- పాస్క్యల్ యొక్క త్రిభుజాన్ని గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.

$$\text{వరుస } 1 : 1 = 11^0$$

$$\text{వరుస } 2 : 1 \ 1 = 11^1$$

$$\text{వరుస } 3 : 1 \ 2 \ 1 = 11^2$$

వరుస 4 మరియు వరుస 5 గురించి ఒక పరికల్పన చేయండి. మీ పరికల్పన సమర్థనీయమా? మీ పరికల్పన వరుస 6 కు కూడా అన్నయించబడుతుందా?

- త్రిభుజాకార సంఖ్యలను (పటం. A1.2) మళ్ళీ చూద్దాం. రెండు వరుస త్రిభుజాకార సంఖ్యలను కలపండి. ఉదాహరణకు,  $T_1 + T_2 = 4, T_2 + T_3 = 9, T_3 + T_4 = 16$ .

$T_4 + T_5$  ఏలువ ఏమిటి?  $T_{n-1} + T_n$  గురించి ఒక పరికల్పన రాయండి.

- దిగువ నమూనాను గమనించండి:

$$1^2 = 1$$

$$11^2 = 121$$

$$111^2 = 12321$$

$$1111^2 = 1234321$$

$$11111^2 = 123454321$$

ఈ క్రిందివాటిలో ప్రతి దాని గురించి ఒక పరికల్పన చేయండి:

$$111111^2 =$$

$$1111111^2 =$$

మీ పరికల్పన నిజమో కాదో సరిచూడండి.

- ఈ పుస్తకంలో ఉపయోగించిన 5 స్వీకృతాల జాబితా రాయండి.

### A1.5 గణిత నిరూపణ అంటే ఏమిటి?

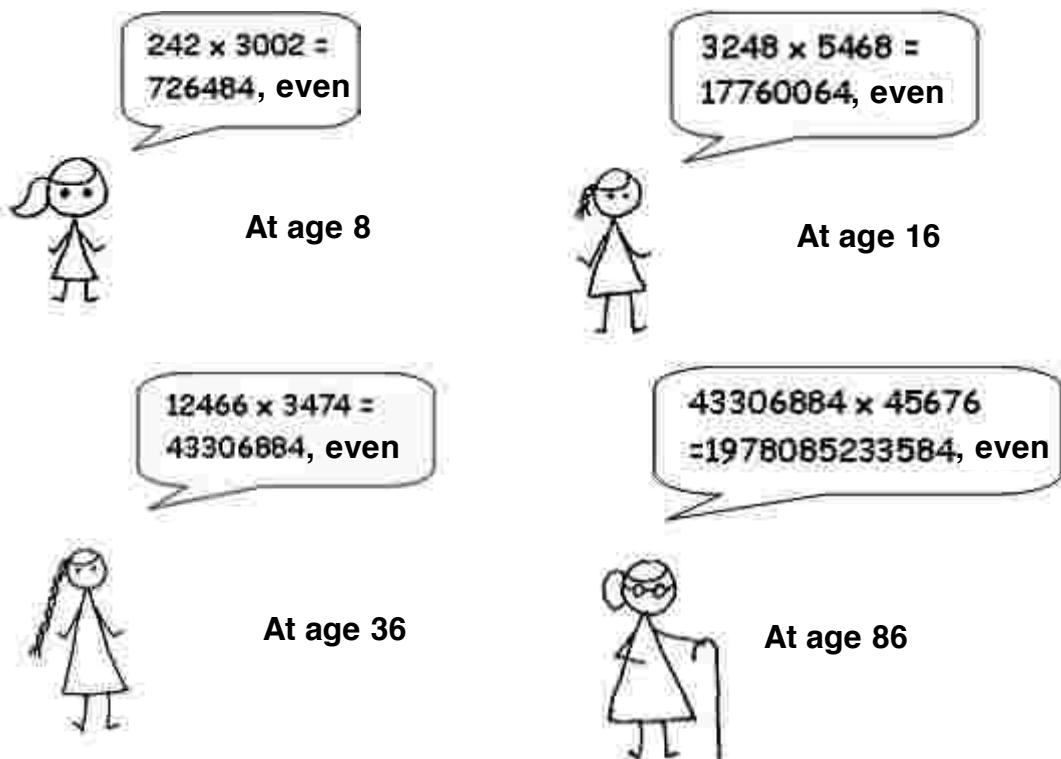
నిరూపణల యొక్క వివిధ అంశాలను మనం ఇప్పుడు చూద్దాం. దీనిని మనం ధృవీకరణ (verification) మరియు నిరూపణ (proof)ల మధ్య వ్యత్యాసాన్ని అర్థం చేసుకోవడం ద్వారా ప్రారంభిస్తాం. మీరు గణితంలో ప్రవచనాలకు నిరూపణలను అధ్యయనం చేయడానికి ముందు ప్రవచనాలను సరిచూస్తారు.

ఉదాహరణకు, “రెండు సరిసంఖ్యల యొక్క లబ్ధం సరిసంఖ్య” అని ఉదాహరణలతో ధృవీకరించమని మిమ్మల్ని అడిగి ఉండవచ్చు. అందువల్ల మీరు రెండు యాదృచ్ఛిక సరిసంఖ్యలను తీసుకొని ఉండవచ్చు,

say 24 and 2006, and checked that  $24 \times 2006 = 48144$  is even. You might have done so for many more examples.

Also, you might have been asked as an activity to draw several triangles in the class and compute the sum of their interior angles. Apart from errors due to measurement, you would have found that the interior angles of a triangle add up to  $180^\circ$ .

What is the flaw in this method? There are several problems with the process of verification. While it may help you to make a statement you believe is true, you cannot be *sure* that it is true in *all* cases. For example, the multiplication of several pairs of even numbers may lead us to guess that the product of two even numbers is even. However, it does not ensure that the product of all pairs of even numbers is even. You cannot physically check the products of all possible pairs of even numbers. If you did, then like the girl in the cartoon, you will be calculating the products of even numbers for the rest of your life. Similarly, there may be some triangles which you have not yet drawn whose interior angles do not add up to  $180^\circ$ . We cannot measure the interior angles of all possible triangles.



వాటిని 24 మరియు 2006 అనుకుందాం, మరియు  $24 \times 2006 = 48144$  సరి సంఖ్య అని సరిచూడదమైనది. ఇలా మీరు మరెన్నో ఉదాహరణలతో సరిచూడవచ్చు.

అదేవిధంగా, తరగతి గదిలో అనేక త్రిభుజాలను గేసి మరియు వాటి అంతర కోణాల మొత్తాన్ని లెక్కించమని అడగవచ్చు. కొలతలలో దోషాలు చూడకుంటే, ఒక త్రిభుజం యొక్క అంతర్గత కోణాలు మొత్తం  $180^\circ$  వరకు వుంటాయని మీరు కనుగొంటారు.

ఈ పద్ధతిలో లోపం ఏమిలి? ధృవీకరణ(verification) ప్రక్రియలో అనేక సమస్యలు ఉన్నాయి. ఇది నిజమని మీరు విశ్వసించే ప్రవచనం ప్రాయిడంలో మీకు సహాయపడవచ్చు, అయితే ఇది అన్ని సందర్భాలలో సత్యమని మీరు ఖచ్చితంగా చెప్పలేరు. ఉదాహరణకు, అనేక జతల సరిసంఖ్యల గుణకారం రెండు సరిసంఖ్యల లబ్ధం సరి అని ఊహించడానికి దారితీస్తుంది. అయితే, ఇది సరిసంఖ్యల యొక్క అన్ని జతల లబ్ధం సరిగాని నిర్ధారించదు. మీరు సాధ్యమయ్యే అన్ని జతల సరిసంఖ్యల లబ్ధాలను భౌతికంగా తనిటీ చేయలేరు. మీరు అలాచేస్తే, కార్బూన్లోని అమ్మాయిలాగా, మీరు మీ జీవితాంతం సరిసంఖ్యల లబ్ధాలను లెక్కిస్తారు. అదే విధంగా, మీరు ఇంకా గీయని కొన్ని త్రిభుజాలు ఉండవచ్చు, వాటి అంతర్గత కోణాల మొత్తం  $180^\circ$ . వరకు వుండకపోవచ్చు. సాధ్యమయ్యే అన్ని త్రిభుజాల అంతర్గత కోణాలను మనం కొలవలేం.

$$242 \times 3002 = \\ 726484, \text{ సరి సంఖ్య}$$



8 సంవత్సరాల వయస్సు

$$3248 \times 5468 = \\ 17760064, \text{ సరి సంఖ్య}$$



16 సంవత్సరాల వయస్సు

$$12466 \times 3474 = \\ 43306884, \text{ సరి సంఖ్య}$$



36 సంవత్సరాల వయస్సు

$$43306884 \times 45676 \\ = 1978085233584, \text{ సరి సంఖ్య}$$



86 సంవత్సరాల వయస్సు

Moreover, verification can often be misleading. For example, we might be tempted to conclude from Pascal's triangle (Q.2 of Exercise A1.3), based on earlier verifications, that  $11^5 = 15101051$ . But in fact  $11^5 = 161051$ .

So, you need another approach that does not depend upon verification for some cases only. There is another approach, namely 'proving a statement'. A process which can establish the truth of a mathematical statement based purely on logical arguments is called a *mathematical proof*.

In Example 2 of Section A1.2, you saw that to establish that a mathematical statement is false, it is enough to produce a single counter-example. So while it is not enough to establish the validity of a mathematical statement by checking or verifying it for thousands of cases, it is enough to produce one counter-example to *disprove* a statement (i.e., to show that something is false). This point is worth emphasising.



*To show that a mathematical statement is false, it is enough to find a single counter-example.*

So,  $7 + 5 = 12$  is a counter-example to the statement that the sum of two odd numbers is odd.

Let us now look at the list of basic ingredients in a proof:

- (i) To prove a theorem, we should have a rough idea as to how to proceed.
- (ii) The information already given to us in a theorem (i.e., the hypothesis) has to be clearly understood and used.

అంతేకాక, ధృవీకరణ తరచుగా తప్పదోవ పట్టించే విధంగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకు, పాస్కల్ త్రిభుజం (అభ్యాసము A1.3, Q.2) నుండి, మునుపటి ధృవీకరణల ఆధారంగా,  $11^5 = 15101051$ . అని మనం తొందరపడి ప్రాయవచ్చు. కానీ వాస్తవానికి  $11^5 = 161051$  అవుతుంది.

అందువల్ల, కొన్ని సందర్భాలకు సరిచూచుటపై ఆధారపడని మరో మార్గం మీకు అవసరం అవుతుంది. ఆ మరో విధానమే 'ఒక ప్రవచనంను నిరూపణ చేయడం'. ఒక గణిత ప్రవచనం యొక్క సత్యాన్ని కేవలం తార్కిక వాదనల ఆధారంగా నిర్ధారించగల ప్రక్రియను గణిత నిరూపణ అని అంటారు.

సెక్కన్ ఆ1.2 యొక్క ఉదాహరణ 2 లో, ఒక గణిత ప్రవచనం అసత్యమని నిర్ధారించడానికి, ఒక ప్రత్యుధాహరణ ఇస్తే సరిపోతుందని మీరు చూశారు. కాబట్టి, ఒక గణిత ప్రవచనం యొక్క ప్రామాణికతను వేల సంఖ్యలో వివిధ సందర్భాలకు తనిషీ చేయడం లేదా ధృవీకరించడం ద్వారా దాని చెల్లుబాటును నిర్ణయించలేక పోయినప్పటికీ, ఒక ప్రవచనంను అసత్యం అని నిరూపించడానికి ఒక ప్రత్యుధాహరణను ఇస్తే సరిపోతుంది. ఈ అంశాన్ని నొక్కి చెప్పాల్సిన అవసరం ఉంది.



ఒక గణిత ప్రవచనం అసత్యమని చూపడానికి, ఒకే ఒక ప్రత్యుధాహరణను కనుగొంటే సరిపోతుంది.

అందువల్ల,  $7 + 5 = 12$  అనేది రెండు బేసి సంఖ్యల యొక్క మొత్తం బేసిసంఖ్య అనే ప్రవచనంకు ఒక ప్రత్యుధాహరణ .

ఇప్పుడు మనం ఒక గణిత నిరూపణకు కావలిసిన ప్రాథమిక అంశాల జాబితాను చూద్దాం:

- (i) ఒక సిద్ధాంతాన్ని ఎలా నిరూపణ చేయాలో మనకు ప్రాథమిక (rough) ఆలోచన ఉండాలి.
- (ii) ఒక సిద్ధాంతంలో మనకు ముందే ఇష్టబడిన సమాచారం (అంటే, దత్తాంశం)ను స్ఫురించా అర్థం చేసుకోవాలి మరియు నిరూపణలో ఉపయోగించాలి.

For example, in Theorem A1.2, which states that the product of two even numbers is even, we are given two even natural numbers. So, we should use their properties. In the Factor Theorem (in Chapter 2), you are given a polynomial  $p(x)$  and are told that  $p(a) = 0$ . You have to use this to show that  $(x - a)$  is a factor of  $p(x)$ . Similarly, for the converse of the Factor Theorem, you are given that  $(x - a)$  is a factor of  $p(x)$ , and you have to use this hypothesis to prove that  $p(a) = 0$ .

You can also use constructions during the process of proving a theorem. For example, to prove that the sum of the angles of a triangle is  $180^\circ$ , we draw a line parallel to one of the sides through the vertex opposite to the side, and use properties of parallel lines.

- (iii) A proof is made up of a successive sequence of mathematical statements. Each statement in a proof is logically deduced from a previous statement in the proof, or from a theorem proved earlier, or an axiom, or our hypothesis.
- (iv) The conclusion of a sequence of mathematically true statements laid out in a logically correct order should be what we wanted to prove, that is, what the theorem claims.

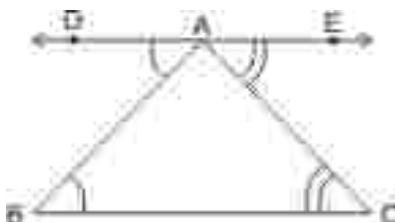
To understand these ingredients, we will analyse Theorem A1.1 and its proof. You have already studied this theorem in Chapter 6. But first, a few comments on proofs in geometry. We often resort to diagrams to help us prove theorems, and this is very important. However, each statement in the proof has to be established **using only logic**. Very often, we hear students make statements like “Those two angles are equal because in the drawing they look equal” or “that angle must be  $90^\circ$ , because the two lines look as if they are perpendicular to each other”. Beware of being deceived by what you see (remember Fig A1.3)!

So now let us go to Theorem A1.1.

**Theorem A1.1 :** *The sum of the interior angles of a triangle is  $180^\circ$ .*

**Proof :** Consider a triangle ABC (see Fig. A1.4).

We have to prove that  $\angle ABC + \angle BCA + \angle CAB = 180^\circ$  (1)



**Fig A 1.4**

ఉదాహరణకు, రెండు సరిసంబ్యుల లభం సరిసంబ్యు అని చెప్పే సిద్ధాంతం A1.2 లో, మనకు రెండు సరి సహజ సంబ్యులు ఇవ్వబడ్డాయి. కాబట్టి, మనం వాటి ధర్మాలను ఉపయోగించి దీనిని నిరూపించాలి. కారణాంక సిద్ధాంతం(అధ్యాయం 2) లో, మీకు ఒక ఒహూపది  $p(x)$  ఇవ్వబడింది మరియు  $p(a) = 0$  అని చెప్పబడింది.  $(x - a)$  అనేది  $p(x)$  యొక్క కారణాంకం అని చూపించడం కొరకు మీరు దీనిని ఉపయోగించాల్సి ఉంటుంది. అదేవిధంగా, కారణాంక సిద్ధాంతం యొక్క విపర్యయానికి సంబంధించి,  $(x - a)$  అనేది  $p(x)$  యొక్క కారణాంకం అని మీకు ఇవ్వబడింది, మరియు  $p(a) = 0$  అని నిరూపణ చేయడానికి మీరు ఈ దత్తాంశంను ఉపయోగించాల్సి ఉంటుంది.

ఒక సిద్ధాంతాన్ని నిరూపించే ప్రక్రియలో మీరు నిర్మాణాలను కూడా ఉపయోగించవచ్చు. ఉదాహరణకు, ఒక త్రిభుజం యొక్క కోణాల మొత్తం  $180^\circ$  అని నిరూపణ చేయడం కొరకు, మనం భుజానికి ఎదురుగా ఉండే శీర్షం గుండా ఒక భుజానికి సమాంతరంగా ఒక రేఖను గీస్తాం మరియు సమాంతర రేఖల ధర్మాలను ఉపయోగిస్తాం.

- (iii) ఒక నిరూపణ అనేది గణిత ప్రవచనాల యొక్క వరుస క్రమంతో రూపొందించబడింది. నిరూపణలోని ప్రతి ప్రవచనం, తార్కికంగా నిరూపణలోని ముందు ప్రవచనం నుండి లేదా ఇంతకు ముందు నిరూపణ చేయబడిన ఒక సిద్ధాంతము నుండి లేదా ఒక స్వీకృతము నుండి లేదా మన దత్తాంశం నుండి గ్రహించబడుతుంది.
- (iv) మనం నిరూపించాలనుకున్నది అంటే సిద్ధాంతం ఏమి చెబుతుందో అది తార్కికంగా సరైన క్రమంలో గణితశాస్త్ర పరంగా నిర్దేశించిన సత్యమైన ప్రవచనాల వరుసగా వుండాలి.

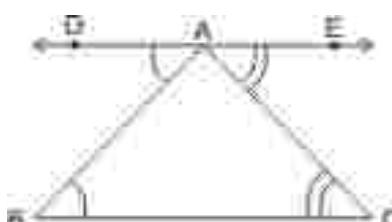
ఈ విషయాలను అర్థం చేసుకోవడానికి, మనం సిద్ధాంతం A1.1 మరియు డాని నిరూపణను విశ్లేషిస్తాం. ఈ సిద్ధాంతాన్ని మీరు ఇప్పటికే వే అధ్యాయంలో అధ్యాయం చేశారు. కానీ మొదట, జ్యామితిలో నిరూపణలపై కొన్ని వ్యాఖ్యలు, సిద్ధాంతాలను నిరూపించడంలో మనకు తరచుగా పటాలు సహాయపడతాయి మరియు ఇది చాలా ముఖ్యమైన విషయం. అయితే, నిరూపణలోని ప్రతి ప్రవచనంను కేవలం తర్వాత ఉపయోగించి ప్రాయాల్సి ఉంటుంది. చాలా తరచుగా, విద్యార్థులు “ఆ రెండు కోణాలు సమానం అంటారు. ఎందుకంటే గీసినపుడు సమానంగా కనిపిస్తున్నాయి” లేదా “ఆ కోణం తప్పనిసరిగా  $90^\circ$  ఉండాలి, ఎందుకంటే రెండు రేఖలు ఒకదానికాకటి లంబంగా ఉన్నట్టుగా కనిపిస్తున్నాయి”. మీరు కనబడేదాన్ని చూసి మోసపోవటం గురించి జాగ్రత్తగా ఉండండి (పటం A1.3 గుర్తుకుట్టుకోండి)!

కాబట్టి, ఇప్పుడు మనం సిద్ధాంతం A1.1కు వెళ్లాం.

**సిద్ధాంతం A1.1 :** ఒక త్రిభుజం యొక్క అంతర కోణాల మొత్తం  $180^\circ$ .

**ఖూజాపు :** ABC అనే త్రిభుజాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకుండాం (పటం A1.4 చూడండి).

$$\angle ABC + \angle BCA + \angle CAB = 180^\circ \text{ అని మనం నిరూపణ చేయాలి.} \quad (1)$$



పటం A 1.4

Construct a line DE parallel to BC passing through A. (2)

DE is parallel to BC and AB is a transversal.

So,  $\angle DAB$  and  $\angle ABC$  are alternate angles. Therefore, by Theorem 6.2, Chapter 6, they are equal, i.e.  $\angle DAB = \angle ABC$  (3)

Similarly,  $\angle CAE = \angle ACB$  (4)

Therefore,  $\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = \angle DAB + \angle BAC + \angle CAE$  (5)

But  $\angle DAB + \angle BAC + \angle CAE = 180^\circ$ , since they form a straight angle. (6)

Hence,  $\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = 180^\circ$ . (7)

Now, we comment on each step of the proof.

**Step 1 :** Our theorem is concerned with a property of triangles, so we begin with a triangle.

**Step 2 :** This is the key idea – the intuitive leap or understanding of how to proceed so as to be able to prove the theorem. Very often geometric proofs require a construction.

**Steps 3 and 4 :** Here we conclude that  $\angle DAE = \angle ABC$  and  $\angle CAE = \angle ACB$ , by using the fact that DE is parallel to BC (our construction), and the previously proved Theorem 6.2, which states that if two parallel lines are intersected by a transversal, then the alternate angles are equal.

**Step 5 :** Here we use Euclid's axiom (see Chapter 5) which states that: "If equals are added to equals, the wholes are equal" to deduce

$$\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = \angle DAB + \angle BAC + \angle CAE.$$

That is, the sum of the interior angles of the triangle are equal to the sum of the angles on a straight line.

**Step 6 :** Here we use the Linear pair axiom of Chapter 6, which states that the angles on a straight line add up to  $180^\circ$ , to show that  $\angle DAB + \angle BAC + \angle CAE = 180^\circ$ .

**Step 7 :** We use Euclid's axiom which states that "things which are equal to the same thing are equal to each other" to conclude that  $\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = \angle DAB + \angle BAC + \angle CAE = 180^\circ$ . Notice that Step 7 is the claim made in the theorem we set out to prove.

We now prove Theorems A1.2 and A1.3 without analysing them.

**Theorem A1.2 :** *The product of two even natural numbers is even.*

**Proof :** Let  $x$  and  $y$  be any two even natural numbers.

We want to prove that  $xy$  is even.

A గుండా BC కి సమాంతరంగా DE రేఖను నిర్మించండి. (2)

DE అనేది BCకి సమాంతరంగా ఉంటుంది మరియు AB అనేది తిర్యగ్రేఖ.

కాబట్టి,  $\angle DAB$  మరియు  $\angle ABC$  అనేవి ఏకాంతర కోణాలు. అందువల్ల, సిద్ధాంతం 6.2, అధ్యాయం 6 ద్వారా, అవి సమానం, అంటే  $\angle DAB = \angle ABC$  (3)

అదేవిధంగా,  $\angle CAE = \angle ACB$  (4)

అందువల్ల,  $\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = \angle DAB + \angle BAC + \angle CAE$  (5)

కానీ  $\angle DAB + \angle BAC + \angle CAE = 180^\circ$ , ఎందుకంటే అవి ఒక సరళకోణాన్ని ఏర్పరుస్తాయి. (6)

అందువల్ల,  $\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = 180^\circ$ . (7)

ఇప్పుడు, నిరూపణ యొక్క ప్రతి సోపానంపై మనం వ్యాఖ్యానిస్తాం.

**సోపానం 1:** మన సిద్ధాంతం త్రిభుజాల ధర్మానికి సంబంధించినది, కాబట్టి మనం త్రిభుజంతో ప్రారంభిస్తాం.

**సోపానం 2:** ఇది కీలకమైన ఆలోచన - సిద్ధాంతాన్ని నిరూపించగలిగేలా ఎలా కొనసాగించాలో సహజమైన అవగాహనతో వుండాలి. చాలా తరచుగా జ్యామితీయ నిరూపణలకు నిర్మాణం అవసరం.

**సోపానాలు 3 మరియు 4:** ఇక్కడ మనం DE అనేది BCకు సమాంతరంగా (మన నిర్మాణం) ఉన్నదనే వాస్తవాన్ని ఉపయోగించడం ద్వారా  $\angle DAE = \angle ABC$  మరియు  $\angle CAE = \angle ACB$  లను పొందవచ్చు మరియు రెండు సమాంతర రేఖలు, ఒక తిర్యగ్రేఖచే ఖండించబడినట్లయితే, అప్పుడు ఏర్పడే ఏకాంతర కోణాలు సమానం అనే ఇంతకు ముందు నిరూపణ చేయబడ్డ సిద్ధాంతం 6.2, ద్వారా చెప్పవచ్చును.

**సోపానం 5:** “సమానాలను సమాన విలువలను జోడిస్తే, ఏర్పడే మొత్తాలు సమానం” అనే యూక్లిడ్ యొక్క స్వీకృతాన్ని (అధ్యాయం 5 చూడండి) ఉపయోగించి

$$\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = \angle DAB + \angle BAC + \angle CAE \text{ గా ప్రాయివచ్చు.}$$

అనగా, త్రిభుజం యొక్క అంతర కోణాల మొత్తం, ఒక సరళరేఖపై ఉన్న కోణాల మొత్తానికి సమానం.

**సోపానం 6:** మనం ఇక్కడ సరళరేఖపైఒక బిందువు వద్ద కోణాల మొత్తం  $180^\circ$  అనే అధ్యాయం 6లోని రేఖియద్వయం స్వీకృతంను ఉపయోగించి  $\angle DAB + \angle BAC + \angle CAE = 180^\circ$ గా ప్రాసాం.

**సోపానం 7:**  $\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = \angle DAB + \angle BAC + \angle CAE = 180^\circ$  అని ప్రాయిదానికి “వీదైనా ఒకదానికి సమానమైన రెండు అంశాలు ఒకదానికొకటి సమానం” అని పేర్కొన్న యూక్లిడ్ యొక్క స్వీకృతంను మనం ఉపయోగిస్తాం. మనం నిరూపించడానికి ఏర్పాటు చేసిన సిద్ధాంతంలో సోపానం 7 అనేది నిర్దిష్ట ప్రవచనం అని గమనించండి.

ఇప్పుడు మనం సిద్ధాంతాలను A1.2 మరియు A1.3 లను విశ్లేషించకుండానే వాటిని రుజువు చేస్తాం.

**సిద్ధాంతం A1.2 :** రెండు సరి సహజ సంఖ్యల లభిం ఒక సరిసంఖ్య.

**రుజువు :**  $x$  మరియ  $y$  లు ఏవైనా రెండు సరి సహజ సంఖ్యలు అనుకుండాం.

$xy$  అనేది సరిసంఖ్య అని మనం నిరూపణ చేయాలి.

Since  $x$  and  $y$  are even, they are divisible by 2 and can be expressed in the form

$x = 2m$ , for some natural number  $m$  and  $y = 2n$ , for some natural number  $n$ .

Then  $xy = 4mn$ . Since  $4mn$  is divisible by 2, so is  $xy$ .

Therefore,  $xy$  is even.

**Theorem A1.3 :** *The product of any three consecutive even natural numbers is divisible by 16.*

**Proof :** Any three consecutive even numbers will be of the form  $2n$ ,  $2n + 2$  and  $2n + 4$ , for some natural number  $n$ . We need to prove that their product  $2n(2n + 2)(2n + 4)$  is divisible by 16.

$$\begin{aligned} \text{Now, } 2n(2n + 2)(2n + 4) &= 2n \times 2(n + 1) \times 2(n + 2) \\ &= 2 \times 2 \times 2n(n + 1)(n + 2) = 8n(n + 1)(n + 2). \end{aligned}$$

Now we have two cases. Either  $n$  is even or odd. Let us examine each case.

Suppose  $n$  is even : Then we can write  $n = 2m$ , for some natural number  $m$ .

$$\text{And, then } 2n(2n + 2)(2n + 4) = 8n(n + 1)(n + 2) = 16m(2m + 1)(2m + 2).$$

Therefore,  $2n(2n + 2)(2n + 4)$  is divisible by 16.

Next, suppose  $n$  is odd. Then  $n + 1$  is even and we can write  $n + 1 = 2r$ , for some natural number  $r$ .

$$\begin{aligned} \text{We then have : } 2n(2n + 2)(2n + 4) &= 8n(n + 1)(n + 2) \\ &= 8(2r - 1) \times 2r \times (2r + 1) \\ &= 16r(2r - 1)(2r + 1) \end{aligned}$$

Therefore,  $2n(2n + 2)(2n + 4)$  is divisible by 16.

So, in both cases we have shown that the product of any three consecutive even numbers is divisible by 16.

We conclude this chapter with a few remarks on the difference between how mathematicians discover results and how formal rigorous proofs are written down. As mentioned above, each proof has a key intuitive idea (sometimes more than one). Intuition is central to a mathematician's way of thinking and discovering results. Very often the proof of a theorem comes to a mathematician all jumbled up. A mathematician will often experiment with several routes of thought, and logic, and examples, before she/he can hit upon the correct solution or proof. It is only after the creative phase subsides that all the arguments are gathered together to form a proper proof.

It is worth mentioning here that the great Indian mathematician Srinivasa Ramanujan used very high levels of intuition to arrive at many of his statements, which

$x$  మరియు  $y$  లు సరిసంఖ్యలు. కనుక, అవి 2 చే భాగించబడతాయి మరియు వాటిని ఏదైనా సహజ సంఖ్య  $m$  కు  $x=2m$ , మరియు ఏదైనా సహజ సంఖ్య  $n$  కు  $y=2n$  రూపంలో వ్యక్తపరచవచ్చు.

అప్పుడు  $xy = 4mn$  అనేది 2 తో భాగించబడుతుంది కనుక,  $xy$  కూడా 2 తో భాగింపబడుతుంది .

అందువల్ల,  $xy$  అనేది సరిసంఖ్య అగును.

**సిద్ధాంతం A1.3 :** ఏవైనా మూడు వరుస సరి సహజ సంఖ్యల లభం 16తో భాగింపబడుతుంది.

**రుజువు :** ఏదైనా సహజ సంఖ్య  $n$  కు, ఏవైనా మూడు వరుస సరిసహజ సంఖ్యలు  $2n, 2n+2$  మరియు  $2n+4$ , రూపంలో ఉంటాయి. వాటి లభం  $2n(2n+2)(2n+4)$  అనేది 16తో భాగింపబడుతుందని మనం నిరూపణ చేయాల్సి ఉంటుంది.

$$\text{ఇప్పుడు}, 2n(2n+2)(2n+4) = 2n \times 2(n+1) \times 2(n+2)$$

$$= 2 \times 2 \times 2n(n+1)(n+2) = 8n(n+1)(n+2).$$

ఇప్పుడు మనకు రెండు సందర్భాలు ఉన్నాయి.  $n$  అనేది సరి లేదా బేసి. మనం ఇప్పుడు ప్రతి సందర్భాన్ని పరిశీలించాం.

$n$  అనేది సరిసంఖ్య అనుకుందాం: అప్పుడు మనం ఏదైనా సహజ సంఖ్య  $m$  కు  $n = 2m$  అని ప్రాయివచ్చు.

మరియు, అప్పుడు  $2n(2n+2)(2n+4) = 8n(n+1)(n+2) = 16m(2m+1)(2m+2)$ .

అందువల్ల,  $2n(2n+2)(2n+4)$  అనేది 16తో భాగింపబడుతుంది.

తరువాత,  $n$  అనేది బేసి అనుకుందాం. అప్పుడు  $n+1$  అనేది సరి మరియు ఏదైనా సహజ సంఖ్య  $r$  కు మనం  $n+1=2r$  అని ప్రాయివచ్చు.

$$\begin{aligned} \text{అప్పుడు మనకు : } & 2n(2n+2)(2n+4) = 8n(n+1)(n+2) \\ & = 8(2r-1) \times 2r \times (2r+1) \\ & = 16r(2r-1)(2r+1) \end{aligned}$$

అందువల్ల,  $2n(2n+2)(2n+4)$  అనేది 16తో భాగింపబడుతుంది.

కాబట్టి, రెండు సందర్భాల్లోనూ ఏవైనా మూడు వరుస సరి సంఖ్యల లభం 16 తో భాగింపబడుతుందని మనం నిరూపించాం.

గణితశాస్త్రజ్ఞులు ఫలితాలను ఎలా కనుగొంటారు మరియు లాంఘనప్రాయమైన కలినమైన నిరూపణలు ఎలా రాయబడతాయనే దాని మధ్య వ్యత్యాసంపై కొన్ని వ్యాఖ్యానాలతో ఈ అధ్యాయాన్ని ముగిస్తాం. మైన పేర్కొన్నట్లుగా, ప్రతి నిరూపణకు కీలక సహజసిద్ధమైన ఆలోచన (కొన్నిసార్లు ఒకటి కంటే ఎక్కువ) ఉంటుంది. ఒక గణిత శాస్త్రజ్ఞుని ఆలోచనా విధానానికి మరియు ఫలితాలను కనుగొనే విధానానికి అంతర్దృష్టి కేంద్ర బిందువు అగును. చాలా తరచుగా ఒక సిద్ధాంతం యొక్క నిరూపణ ఒక గణిత శాస్త్రజ్ఞుడికి వస్తుంది. ఒక గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు తరచుగా ఆమె/అతను సరైన పరిష్కారం లేదా నిరూపణను రాయడానికి ముందు అనేక ఆలోచనా మార్గాలు మరియు తర్వాత మరియు ఉదాహరణలతో ప్రయోగాలు చేస్తాడు. సృజనాత్మక దశ తగ్గిన తరువాత మాత్రమే అన్ని వాదనలు ఒకచోట చేరి సరైన నిరూపణను ఏర్పరుస్తాయి.

గొప్ప భారతీయ గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు శ్రీనివాస రామానుజన్ తన అనేక సత్యములని పేర్కొన్న ప్రవచనాలను స్పష్టంగా తెలుసుకోవడానికి చాలా ఉన్నత స్థాయి అంతర్ధాష్టిని ఉపయోగించాడని ఇక్కడ పేర్కొన్నదగింది.

he claimed were true. Many of these have turned out to be true and are well known theorems. However, even to this day mathematicians all over the world are struggling to prove (or disprove) some of his claims (conjectures).



Srinivasa Ramanujan  
(1887–1920)  
**Fig. A1.5**

### EXERCISE A1.4

1. Find counter-examples to disprove the following statements:
  - (i) If the corresponding angles in two triangles are equal, then the triangles are congruent.
  - (ii) A quadrilateral with all sides equal is a square.
  - (iii) A quadrilateral with all angles equal is a square.
  - (iv) For integers  $a$  and  $b$ ,  $\sqrt{a^2 + b^2} = a + b$
  - (v)  $2n^2 + 11$  is a prime for all whole numbers  $n$ .
  - (vi)  $n^2 - n + 41$  is a prime for all positive integers  $n$ .
2. Take your favourite proof and analyse it step-by-step along the lines discussed in Section A1.5 (what is given, what has been proved, what theorems and axioms have been used, and so on).
3. Prove that the sum of two odd numbers is even.
4. Prove that the product of two odd numbers is odd.
5. Prove that the sum of three consecutive even numbers is divisible by 6.
6. Prove that infinitely many points lie on the line whose equation is  $y = 2x$ .  
(Hint : Consider the point  $(n, 2n)$  for any integer  $n$ .)
7. You must have had a friend who must have told you to think of a number and do various things to it, and then without knowing your original number, telling you what number you ended up with. Here are two examples. Examine why they work.
  - (i) Choose a number. Double it. Add nine. Add your original number. Divide by three. Add four. Subtract your original number. Your result is seven.
  - (ii) Write down any three-digit number (for example, 425). Make a six-digit number by repeating these digits in the same order (425425). Your new number is divisible by 7, 11 and 13.

వీటిలో అనేకం సత్యమని తేలింది మరియు బాగా తెలిసిన సిద్ధాంతాలు. ఏదేమైనా, ఈ రోజు వరకు ప్రపంచవ్యాప్తంగా ఉన్న గణిత శాస్త్రజ్ఞులు అతని వాదనలలో కొన్ని వరికల్పనలను నిరూపించడానికి (లేదా ఖండించడానికి) చాలా కష్టపడుతున్నారు.



### అభ్యాసం A1.4

శ్రీనివాస రామానుజన్

(1887–1920)

పటం. A1.5

1. దిగువ ప్రపంచాలు అనత్యములని చూపడానికి ఒక ప్రత్యుధాహారణను కనుగొనండి:
  - (i) రెండు త్రిభుజాలలో అనురూప కోణాలు సమానం అయితే, అప్పుడు ఆ త్రిభుజాలు సర్వసమానాలు.
  - (ii) అన్ని భుజాలు సమానంగా ఉన్న చతుర్భుజం ఒక చతురస్రం అగును.
  - (iii) అన్ని కోణాలు సమానంగా ఉన్న చతుర్భుజం ఒక చతురస్రం అగును.
  - (iv) పూర్ణసంఖ్యలు  $a$  మరియు  $b$ , లకు  $\sqrt{a^2 + b^2} = a + b$
  - (v) పూర్ణసంఖ్య  $n$  లన్నింటికి  $2n^2 + 11$  అనేది ఒక ప్రధాన సంఖ్య అగును.
  - (vi) పూర్ణసంఖ్య  $n$  లన్నింటికి  $n^2 - n + 41$  అనేది ఒక ప్రధాన సంఖ్య అగును.
2. మీకు ఇష్టమైన నిరూపణను తీసుకొని, సెక్షన్ A1.5లో చర్చించిన మార్గాల్లో సోపానాల వారీగా విశ్లేషించండి (ఏమి ఇవ్వబడింది, ఏదినిరూపణ చేయబడింది, ఏ సిద్ధాంతాలు మరియు స్వీకృతములు ఉపయోగించారు, మొదలైనవి).
3. రెండు బేసి సంఖ్యల మొత్తం సరి అని రుజువు చేయండి.
4. రెండు బేసి సంఖ్యల లభ్యం బేసి అని రుజువు చేయండి.
5. మూడు వరుస సరి సంఖ్యల మొత్తం 6 తో నిశ్చేషంగా భాగింపబడుతుందని నిరూపణ చేయండి.
6.  $y = 2x$  అనే సమీకరణం గల రేఖపై అనంతంగా అనేక బిందువులు ఉన్నాయని నిరూపణ చేయండి. (సూచన: ఏదైనా పూర్ణసంఖ్య  $n$  కు, బిందువు ( $n, 2n$ ) ను తీసుకోండి.)
7. మీరు ఒక సంఖ్య గురించి ఆలోచించి దానిపై రకరకాల పనులు చేయమనిచెప్పి, ఆ పై మీ అసలు సంఖ్య తెలియకుండా, మీరు ఏ సంఖ్యతో ముగించారో చెప్పడానికి తప్పనిసరిగా మీరు ఒక స్నేహితుడు ఉండాలి. ఇక్కడ రెండు ఉదాహరణలు ఉన్నాయి. అవి ఎందుకు పని చేస్తున్నాయో పరిశీలించండి.
  - (i) ఒక సంఖ్యను ఎంచుకోండి. దానిని రెట్లింపు చేయండి. తొమ్మిదిని కలపండి. మీ అసలు సంఖ్యను తీసివేయండి. మీ ఘలితం ఏడు.
  - (ii) ఏదైనా మూడు అంకెల సంఖ్యను రాయండి (ఉదాహరణకు, 425). ఈ అంకెలను అదే క్రమంలో పునరావృత్తం చేయడం ద్వారా ఆరు అంకెల సంఖ్యను రూపొందించండి (425425). మీ కొత్త సంఖ్య 7, 11 మరియు 13 లతో భాగింపబడుతుంది.

## A1.6 Summary

In this Appendix, you have studied the following points:

1. In mathematics, a statement is only acceptable if it is either always true or always false.
2. To show that a mathematical statement is false, it is enough to find a single counter-example.
3. Axioms are statements which are assumed to be true without proof.
4. A conjecture is a statement we believe is true based on our mathematical intuition, but which we are yet to prove.
5. A mathematical statement whose truth has been established (or proved) is called a theorem.
6. The main logical tool in proving mathematical statements is deductive reasoning.
7. A proof is made up of a successive sequence of mathematical statements. Each statement in a proof is logically deduced from a previously known statement, or from a theorem proved earlier, or an axiom, or the hypothesis.

### A1.6 సారాంశం

ఈ అనుబంధంలో, మీరు ఈ క్రింది అంశాలను అధ్యయనం చేశారు:

1. గణితంలో, ఒక ప్రవచనం ఎల్లప్పుడూ సత్యం లేదా ఎల్లప్పుడూ అసత్యం అయితేనే ఆమోదించబడుతుంది.
2. ఒక గణిత ప్రవచనం అసత్యమని చూపడానికి, ఒకే ఒక ప్రత్యుధాహరణను కనుగొంటే సరిపోతుంది.
3. స్వీకృతాలు అనేవి నిరూపణ లేకుండా సత్యం అని భావించబడే ప్రవచనాలు.
4. ఒక పరికల్పన అనేది ఇంకా నిరూపించబడని మనం గణిత అంతర్ధాష్టి ఆధారంగా సత్యం అని నమ్మే ప్రవచనం.
5. నిరూపణ చేయబడిన ఒక గణిత ప్రవచనాన్ని ఒక సిద్ధాంతం అంటారు.
6. గణిత ప్రవచనాలను నిరూపణ చేయడంలో ప్రథాన తార్కిక సాధనం నిగమన నిరూపణ పద్ధతి.
7. ఒక నిరూపణ గణిత ప్రవచనాల యొక్క వరుస క్రమంతో రూపొందించబడింది. నిరూపణలోని ప్రతి ప్రవచనం తార్కికంగా ముందుగా తెలిసిన ప్రవచనం నుండి లేదా ఇంతకు ముందు రుజువు చేయబడిన ఒక సిద్ధాంతం నుండి లేదా ఒక స్వీకృతం లేదా పరికల్పన నుండి గ్రహించబడుతుంది.

## ANSWERS/HINTS

### EXERCISE 1.1

1. Yes.  $0, \frac{0}{1}, \frac{0}{2}, \frac{0}{3}$  etc., denominator  $q$  can also be taken as negative integer.
2. There can be infinitely many rationals between numbers 3 and 4, one way is to take them  $3 = \frac{21}{6+1}, 4 = \frac{28}{6+1}$ . Then the six numbers are  $\frac{22}{7}, \frac{23}{7}, \frac{24}{7}, \frac{25}{7}, \frac{26}{7}, \frac{27}{7}$ .
3.  $\frac{3}{5} = \frac{30}{50}, \frac{4}{5} = \frac{40}{50}$ . Therefore, five rationals are :  $\frac{31}{50}, \frac{32}{50}, \frac{33}{50}, \frac{34}{50}, \frac{35}{50}$
4. (i) True, since the collection of whole numbers contains all the natural numbers.  
(ii) False, for example  $-2$  is not a whole number.  
(iii) False, for example  $\frac{1}{2}$  is a rational number but not a whole number.

### EXERCISE 1.2

1. (i) True, since collection of real numbers is made up of rational and irrational numbers.  
(ii) False, no negative number can be the square root of any natural number.  
(iii) False, for example  $2$  is real but not irrational.
2. No. For example,  $\sqrt{4} = 2$  is a rational number.
3. Repeat the procedure as in Fig. 1.8 several times. First obtain  $\sqrt{2}$  and then  $\sqrt[3]{\sqrt{2}}$ .

## జవాబులు / సూచనలు

### అభ్యాసం 1.1

1. అవును.  $0 \quad \frac{0}{1} \quad \frac{0}{2} \quad \frac{0}{3}$  మొగ్గి. హోరము  $q$  ను బుఱపూర్ణ సంఖ్యగా కూడా తీసుకోవచ్చ.
2. 3 మరియు 4 అంకెల మధ్య అనంతమైన అకరణీయ సంఖ్యలు కలవు. వాటిని కనుగొను ఒక విధానం

$$3 = \frac{21}{6+1}, 4 = \frac{28}{6+1}. \text{ అప్పుడు } 6 \text{ సంఖ్యలు } \frac{22}{7}, \frac{23}{7}, \frac{24}{7}, \frac{25}{7}, \frac{26}{7}, \frac{27}{7}.$$

$$3. \frac{3}{5} = \frac{30}{50}, \frac{4}{5} = \frac{40}{50}. \text{ ఐదు అకరణీయ సంఖ్యలు : } \frac{31}{50}, \frac{32}{50}, \frac{33}{50}, \frac{34}{50}, \frac{35}{50}$$

4. (i) సత్యం (ఎందువలననగా) పూర్ణాంకాలు ఆన్ని సహజ సంఖ్యలను కలిగి ఉండును.
- (ii) అసత్యం. ఉదాహరణకు  $-2$  పూర్ణాంకం కాదు.
- (iii) అసత్యం. ఉదాహరణకు  $\frac{1}{2}$  అకరణీయ సంఖ్య కానీ పూర్ణాంకం కాదు.

### అభ్యాసం 1.2

1. (i) సత్యం. వాస్తవ సంఖ్యలు అనేవి కరణీయ మరియు అకరణీయ సంఖ్యల సమ్ముళనం.
- (ii) అసత్యం. ఏ సహజసంఖ్యకు బుఱసంఖ్య వర్గమూలం కానేరదు.
- (iii) అసత్యం ఉదాహరణకు  $2$  వాస్తవ సంఖ్య కాని కరణీయ సంఖ్య కాదు.
2. కాదు. ఉదాహరణకు  $\sqrt{4} = 2$  ఒక అకరణీయ సంఖ్య.
3. పటం 1.8లో విధానాన్ని అనేకసార్లు పునరావృతం చేయాలి. మొదట  $\sqrt{4}$  తరువాత  $\sqrt{9}$  పొందుతారు.

### EXERCISE 1.3

1. (i) 0.36, terminating. (ii)  $0.\overline{09}$ , non-terminating repeating.
- (iii) 4.125, terminating. (iv)  $0.\overline{230769}$ , non-terminating repeating.
- (v)  $0.\overline{18}$  non-terminating repeating. (vi) 0.8225 terminating.
2.  $\frac{2}{7} = 2 \times \frac{1}{7} = 0.\overline{285714}$ ,  $\frac{3}{7} = 3 \times \frac{1}{7} = 0.\overline{428571}$ ,  $\frac{4}{7} = 4 \times \frac{1}{7} = 0.\overline{571428}$ ,  $\frac{5}{7} = 5 \times \frac{1}{7} = 0.\overline{714285}$ ,  
 $\frac{6}{7} = 6 \times \frac{1}{7} = 0.\overline{857142}$
3. (i)  $\frac{2}{3}$  [Let  $x = 0.666\ldots$ . So  $10x = 6.666\ldots$  or,  $10x = 6 + x$  or,  $x = \frac{6}{9} = \frac{2}{3}$ ]  
(ii)  $\frac{43}{90}$  (iii)  $\frac{1}{999}$
4. 1 [Let  $x = 0.9999\ldots$ . So  $10x = 9.999\ldots$  or,  $10x = 9 + x$  or,  $x = 1$ ]
5.  $0.\overline{0588235294117647}$
6. The prime factorisation of  $q$  has only powers of 2 or powers of 5 or both.
7. 0.01001000100001..., 0.202002000200002..., 0.003000300003...
8. 0.75075007500075000075..., 0.767076700767000767..., 0.808008000800008...
9. (i) and (v) irrational; (ii), (iii) and (iv) rational.

### EXERCISE 1.4

1. (i) Irrational (ii) Rational (iii) Rational (iv) Irrational  
(v) Irrational
2. (i)  $6 - 3\sqrt{2} - 2\sqrt{3} - \sqrt{6}$  (ii) 6 (iii)  $7 - 2\sqrt{10}$  (iv) 3
3. There is no contradiction. Remember that when you measure a length with a scale or any other device, you only get an approximate rational value. So, you may not realise that either  $c$  or  $d$  is irrational.
4. Refer Fig. 1.17.
5. (i)  $\frac{\sqrt{7}}{7}$  (ii)  $\sqrt{7} - \sqrt{6}$  (iii)  $\frac{\sqrt{5} - \sqrt{2}}{3}$  (iv)  $\frac{\sqrt{7} - 2}{3}$

అభ్యాసం 1.3



అభ్యాసం 1.4

- (i) కరణీయ సంఖ్య      (ii) అకరణీయ సంఖ్య      (iii) అకరణీయ సంఖ్య  
 (iv) కరణీయ సంఖ్య      (v) కరణీయ సంఖ్య
  - (i)  $6 - 3\sqrt{2} - 2\sqrt{3} - \sqrt{6}$       (ii)  $6$       (iii)  $7 - 2\sqrt{10}$       (iv)  $3$
  3. ఇచట ఎటువంటి విరుద్ధత లేదు. ఎప్పడైనా నీవు ఒక దూరాన్ని స్నేహితో గాని లేదా ఇతర పరికరంతో గాని కొలిచినపుడు సుమారు విలువను మాత్రమే పొందగలవని గుర్తుంచుకో. కావున  $c$  లేదా  $d$  గాని కరణీయ సంఖ్యలని భావించవద్దు.
  4. పటం 1.17ను పరిశీలించండి.
  5. (i)  $\frac{\sqrt{7}}{7}$       (ii)  $\sqrt{7} - \sqrt{6}$       (iii)  $\frac{\sqrt{5} - \sqrt{2}}{3}$       (iv)  $\frac{\sqrt{7} - 2}{3}$

**EXERCISE 1.5**

**1.** (i) 8   (ii) 2   (iii) 52. (i) 27   (ii) 4   (iii) 8   (iv)  $\frac{1}{5} [ (125)^{-\frac{1}{3}} - 5^3 + \frac{1}{5}]$

**3.** (i)  $2^{\frac{13}{15}}$    (ii)  $3^{-21}$    (iii)  $11^{\frac{1}{4}}$    (iv)  $56^{\frac{1}{2}}$

**EXERCISE 2.1**

- 1.** (i) and (ii) are polynomials in one variable, (v) is a polynomial in three variables, (iii), (iv) are not polynomials, because in each of these exponent of the variable is not a whole number.

**2.** (i) 1   (ii) -1   (iii)  $\frac{\pi}{2}$    (iv) 0

**3.**  $3x^{35} - 4; \sqrt{2}y^{100}$  (You can write some more polynomials with different coefficients.)

**4.** (i) 3   (ii) 2   (iii) 1   (iv) 0

- 5.** (i) quadratic   (ii) cubic   (iii) quadratic   (iv) linear  
 (v) linear   (vi) quadratic   (vii) cubic

**EXERCISE 2.2**

**1.** (i) 3   (ii) -6   (iii) -3

**2.** (i) 1, 1, 3   (ii) 2, 4, 4   (iii) 0, 1, 8   (iv) -1, 0, 3

**3.** (i) Yes   (ii) No   (iii) Yes   (iv) Yes

(v) Yes   (vi) Yes

(vii)  $-\frac{1}{\sqrt{3}}$  is a zero, but  $\frac{2}{\sqrt{3}}$  is not a zero of the polynomial   (viii) No

**4.** (i) -5   (ii) 5   (iii)  $-\frac{5}{2}$    (iv)  $\frac{2}{3}$

(v) 0   (vi) 0   (vii)  $-\frac{d}{c}$

**EXERCISE 2.3**

ಅಭ್ಯಾಸಂ 1.5

- 1.** (i) 8   (ii) 2   (iii) 52. (i) 27   (ii) 4   (iii) 8   (iv)  $\frac{1}{5} \left[ (125)^{-\frac{1}{3}} \right]$     $5^3^{-\frac{1}{3}}$     $5^{-1} \left[ \right]$

3. (i)  $2^{\frac{13}{15}}$       (ii)  $3^{-21}$       (iii)  $11^{\frac{1}{4}}$       (iv)  $56^{\frac{1}{2}}$

ಅಭ್ಯಾಸಂ 2.1

1. (i) మరియు (ii) అనునవి ఏకచరాశిలో బహుపదులు (v) అనునది 3 చరరాశులలో బహుపది.  
 (iii), (iv) అనునవి బహుపదులు కావు. ఎందుకంటే ఈ బహుపదిలో ప్రతీ చరాశి యొక్క ఘూతాంకం పూర్ణంకం కాదు.



- 3.**  $3x^{35} - 4; \sqrt{2}y^{100}$  (నీవు వేర్పేరు గుణకాలతో మరికొన్ని బహుపదులను రాయవచ్చును)








ಅಭ್ಯಾಸಂ 2.2



- 2.** (i) 1, 1, 3      (ii) 2, 4, 4      (iii) 0, 1, 8      (iv) -1, 0, 3

3. (i) అవును                  (ii) కాదు                  (iii) అవును                  (iv) అవును



(vii) -  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  అనునది శూన్య విలువ కాని  $\frac{2}{\sqrt{3}}$  అనునది బహుపదికి శూన్య విలువ కాదు.

(viii) ಕಾರು






ಅಭ್ಯಾಸಂ 2.3

**1.** (x + 1) is a factor of (i), but not the factor of (ii), (iii) and (iv).

**2.** (i) Yes      (ii) No      (iii) Yes

**3.** (i) -2      (ii)  $-2 - \sqrt{2}$       (iii)  $\sqrt{2} - 1$       (iv)  $\frac{3}{2}$

**4.** (i)  $(3x - 1)(4x - 1)$  (ii)  $(x + 3)(2x + 1)$       (iii)  $(2x + 3)(3x - 2)$       (iv)  
 $(x + 1)(3x - 4)$

**5.** (i)  $(x - 2)(x - 1)(x + 1)$       (ii)  $(x + 1)(x + 1)(x - 5)$   
 (iii)  $(x + 1)(x + 2)(x + 10)$       (iv)  $(y - 1)(y + 1)(2y + 1)$

#### EXERCISE 2.4

**1.** (i)  $x^2 + 14x + 40$  (ii)  $x^2 - 2x - 80$       (iii)  $9x^2 - 3x - 20$

(iv)  $y^4 - \frac{9}{4}$       (v)  $9 - 4x^2$

**2.** (i) 11021      (ii) 9120      (iii) 9984

**3.** (i)  $(3x + y)(3x + y)$  (ii)  $(2y - 1)(2y - 1)$  (iii)  $\left(x + \frac{y}{10}\right)\left(x - \frac{y}{10}\right)$

**4.** (i)  $x^2 + 4y^2 + 16z^2 + 4xy + 16yz + 8xz$

(ii)  $4x^2 + y^2 + z^2 - 4xy - 2yz + 4xz$

(iii)  $4x^2 + 9y^2 + 4z^2 - 12xy + 12yz - 8xz$

(iv)  $9a^2 + 49b^2 + c^2 - 42ab + 14bc - 6ac$

(v)  $4x^2 + 25y^2 + 9z^2 - 20xy - 30yz + 12xz$

(vi)  $\frac{a^2}{16} - \frac{b^2}{4} - 1 - \frac{ab}{4} - b - \frac{a}{2}$

**5.** (i)  $(2x + 3y - 4z)(2x + 3y - 4z)$       (ii)  $-\sqrt{2}x - y - 2\sqrt{2}z - \sqrt{2}x - y - 2\sqrt{2}z$

**6.** (i)  $8x^3 + 12x^2 + 6x + 1$       (ii)  $8a^3 - 27b^3 - 36a^2b + 54ab^2$

(iii)  $\frac{27}{8}x^3 - \frac{27}{4}x^2 - \frac{9}{2}x - 1$

(iv)  $x^3 - \frac{8}{27}y^3 - 2x^2y - \frac{4xy^2}{3}$

ಅಭ್ಯಾಸಂ 2.4

1. (i)  $x^2 + 14x + 40$  (ii)  $x^2 - 2x - 80$  (iii)  $9x^2 - 3x - 20$   
 (iv)  $y^4 - \frac{9}{4}$  (v)  $9 - 4x^2$

2. (i) 11021 (ii) 9120 (iii) 9984

3. (i)  $(3x + y)(3x + y)$  (ii)  $(2y - 1)(2y - 1)$  (iii)  $\left(x + \frac{y}{10}\right)\left(x - \frac{y}{10}\right)$

4. (i)  $x^2 + 4y^2 + 16z^2 + 4xy + 16yz + 8xz$   
 (ii)  $4x^2 + y^2 + z^2 - 4xy - 2yz + 4xz$   
 (iii)  $4x^2 + 9y^2 + 4z^2 - 12xy + 12yz - 8xz$   
 (iv)  $9a^2 + 49b^2 + c^2 - 42ab + 14bc - 6ac$   
 (v)  $4x^2 + 25y^2 + 9z^2 - 20xy - 30yz + 12xz$   
 (vi)  $\frac{a^2}{16} - \frac{b^2}{4} - 1 - \frac{ab}{4} - b - \frac{a}{2}$

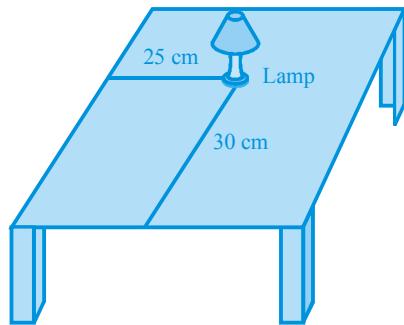
5. (i)  $(2x + 3y - 4z)(2x + 3y - 4z)$  (ii)  $-\sqrt{2}x - y - 2\sqrt{2}z - \sqrt{2}x - y - 2\sqrt{2}z$

6. (i)  $8x^3 + 12x^2 + 6x + 1$  (ii)  $8a^3 - 27b^3 - 36a^2b + 54ab^2$   
 (iii)  $\frac{27}{8}x^3 - \frac{27}{4}x^2 - \frac{9}{2}x - 1$  (iv)  $x^3 - \frac{8}{27}y^3 - 2x^2y - \frac{4xy^2}{3}$

7. (i) 970299      (ii) 1061208      (iii) 994011992
8. (i)  $(2a + b)(2a + b)(2a + b)$       (ii)  $(2a - b)(2a - b)(2a - b)$   
 (iii)  $(3 - 5a)(3 - 5a)(3 - 5a)$       (iv)  $(4a - 3b)(4a - 3b)(4a - 3b)$   
 (v)  $\left(3p - \frac{1}{6}\right)\left(3p - \frac{1}{6}\right)\left(3p - \frac{1}{6}\right)$
10. (i)  $(3y + 5z)(9y^2 + 25z^2 - 15yz)$       (ii)  $(4m - 7n)(16m^2 + 49n^2 + 28mn)$
11.  $(3x + y + z)(9x^2 + y^2 + z^2 - 3xy - yz - 3xz)$
12. Simplify RHS.
13. Put  $x + y + z = 0$  in Identity VIII.
14. (i) -1260. Let  $a = -12$ ,  $b = 7$ ,  $c = 5$ . Here  $a + b + c = 0$ . Use the result given in Q13.  
 (ii) 16380
15. (i) One possible answer is : Length =  $5a - 3$ , Breadth =  $5a - 4$   
 (ii) One possible answer is : Length =  $7y - 3$ , Breadth =  $5y + 4$
16. (i) One possible answer is :  $3$ ,  $x$  and  $x - 4$ .  
 (ii) One possible answer is :  $4k$ ,  $3y + 5$  and  $y - 1$ .

### EXERCISE 3.1

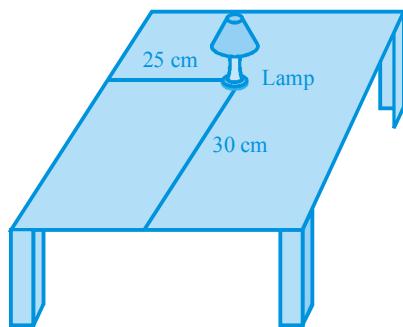
1. Consider the lamp as a point and table as a plane. Choose any two perpendicular edges of the table. Measure the distance of the lamp from the longer edge, suppose it is 25 cm. Again, measure the distance of the lamp from the shorter edge, and suppose it is 30 cm. You can write the position of the lamp as (30, 25) or (25, 30), depending on the order you fix.



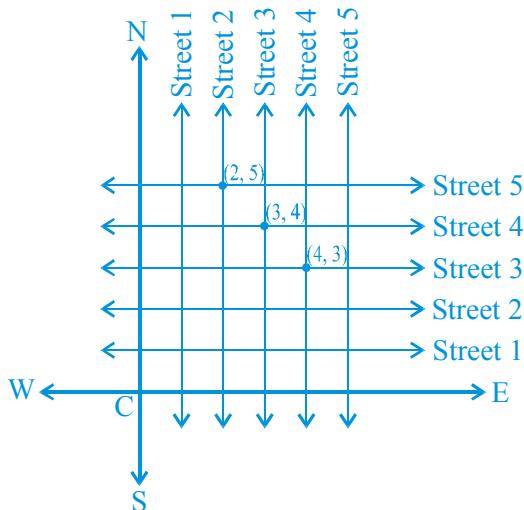
7. (i) 970299      (ii) 1061208      (iii) 994011992
8. (i)  $(2a+b)(2a+b)(2a+b)$       (ii)  $(2a-b)(2a-b)(2a-b)$   
 (iii)  $(3-5a)(3-5a)(3-5a)$       (iv)  $(4a-3b)(4a-3b)(4a-3b)$   
 (v)  $\left(3p - \frac{1}{6}\right)\left(3p - \frac{1}{6}\right)\left(3p - \frac{1}{6}\right)$
10. (i)  $(3y+5z)(9y^2+25z^2-15yz)$       (ii)  $(4m-7n)(16m^2+49n^2+28mn)$
11.  $(3x+y+z)(9x^2+y^2+z^2-3xy-yz-3xz)$
12. RHS ను సాధించండి.
13. VIII ను కనుగొనుటలో  $x+y+z=0$  గా తీసుకోండి.
14. (i)  $-1260$ ,  $a = -12$ ,  $b = 7$ ,  $c = 5$  అనుకోండి. ఇచట  $a + b + c = 0$ . Q13 లో ఇచ్చిన ఫలితాన్ని ఉపయోగించండి.  
 (ii) 16380
15. (i) సార్ధపదే సమాధానం, పొడవు  $= 5a - 3$ , వెడల్పు  $= 5a - 4$   
 (ii) సార్ధపదే సమాధానం పొడవు  $= 7y - 3$ , వెడల్పు  $= 5y + 4$
16. (i) సార్ధమయ్యే సమాధానం  $3, x$  మరియు  $x - 4$ .  
 (ii) సార్ధమయ్యే సమాధానం  $4k, 3y + 5$  మరియు  $y - 1$ .

### అభ్యాసం 3.1

1. ఒక నమతలంగా మరియు దీపాన్ని ఒక బిందువుగా అనుకోండి. బల్ల యొక్క ఏవైనా రెండు లంబంగా ఉన్న అంచులను తీసుకోండి. పొడవు అంచు నుండి దీపానికి గల దూరాన్ని కొలవండి. అది ఒక 25 సె.మీ. అనుకోండి. మరలా చిన్న అంచు నుండి దీపానికి గల దూరాన్ని కొలవండి. అది 30 సె.మీ. అనుకోండి. ఇప్పుడు దీపం స్థానాన్ని (30,25) లేదా (25,30) గా రాయివచ్చు. అది మీరు తీసుకున్న వర్షస్థై ఆధారపడి ఉండును.



2. The Street plan is shown in figure given below.



Both the cross-streets are marked in the figure above. They are *uniquely* found because of the two reference lines we have used for locating them.

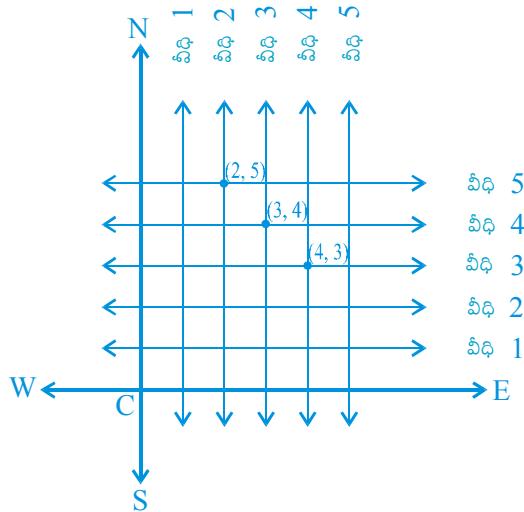
### EXERCISE 3.2

1. (i) The  $x$ -axis and the  $y$ -axis (ii) Quadrants (iii) The origin
2. (i)  $(-5, 2)$  (ii)  $(5, -5)$  (iii) E (iv) G (v) 6 (vi)  $-3$  (vii)  $(0, 5)$  (viii)  $(-3, 0)$

### EXERCISE 4.1

1.  $x - 2y = 0$
2. (i)  $2x + 3y - 9.3\bar{5} = 0$ ;  $a = 2$ ,  $b = 3$ ,  $c = -9.3\bar{5}$   
 (ii)  $x - \frac{y}{5} - 10 = 0$ ;  $a = 1$ ,  $b = -\frac{1}{5}$ ,  $c = -10$   
 (iii)  $-2x + 3y - 6 = 0$ ;  $a = -2$ ,  $b = 3$ ,  $c = -6$   
 (iv)  $1.x - 3y + 0 = 0$ ;  $a = 1$ ,  $b = -3$ ,  $c = 0$   
 (v)  $2x + 5y + 0 = 0$ ;  $a = 2$ ,  $b = 5$ ,  $c = 0$   
 (vi)  $3x + 0.y + 2 = 0$ ;  $a = 3$ ,  $b = 0$ ,  $c = 2$   
 (vii)  $0.x + 1.y - 2 = 0$ ;  $a = 0$ ,  $b = 1$ ,  $c = -2$   
 (viii)  $-2x + 0.y + 5 = 0$ ;  $a = -2$ ,  $b = 0$ ,  $c = 5$

2. క్రింద ఇవ్వబడిన పటంలో వీధి ప్రణాళిక చూపబడినది.



పై పటంలో క్రాస్ స్ట్రీట్ (cross-streets) వీధులు రెండూ గుర్తింపబడ్డాయి. అవి ప్రత్యేకంగా కనిపిస్తాయి. ఎందుకంటే వాటిని సూచించుటకు రెండు వేర్వేరు సరళరేఖలను ఉపయోగించాము.

### అభ్యాసం 3.2

1. (i)  $x$  - అక్షం మరియు  $y$  - అక్షం   (ii) పాదములు   (iii) మూల బిందువు
2. (i)  $(-5, 2)$    (ii)  $(5, -5)$    (iii) E   (iv) G   (v) 6   (vi)  $-3$    (vii)  $(0, 5)$    (viii)  $(-3, 0)$

### అభ్యాసం 4.1

1.  $x - 2y = 0$
2. (i)  $2x + 3y - 9.35 = 0; a = 2, b = 3, c = -9.35$   
 (ii)  $x - \frac{y}{5} - 10 = 0; a = 1, b = -\frac{1}{5}, c = -10$   
 (iii)  $-2x + 3y - 6 = 0; a = -2, b = 3, c = -6$   
 (iv)  $1.x - 3y + 0 = 0; a = 1, b = -3, c = 0$   
 (v)  $2x + 5y + 0 = 0; a = 2, b = 5, c = 0$   
 (vi)  $3x + 0.y + 2 = 0; a = 3, b = 0, c = 2$   
 (vii)  $0.x + 1.y - 2 = 0; a = 0, b = 1, c = -2$   
 (viii)  $-2x + 0.y + 5 = 0; a = -2, b = 0, c = 5$

### EXERCISE 4.2

1. (iii), because for every value of  $x$ , there is a corresponding value of  $y$  and vice-versa.
2. (i)  $(0, 7), (1, 5), (2, 3), (4, -1)$   
 (ii)  $(1, 9 - \pi), (0, 9), (-1, 9 + \pi), \left(\frac{9}{\pi}, 0\right)$   
 (iii)  $(0, 0), (4, 1), (-4, 1), \left(2, \frac{1}{2}\right)$
3. (i) No      (ii) No      (iii) Yes      (iv) No      (v) No
4. 7

### EXERCISE 5.1

1. (i) False. This can be seen visually by the student.  
 (ii) False. This contradicts Axiom 5.1.  
 (iii) True. (Postulate 2)  
 (iv) True. If you superimpose the region bounded by one circle on the other, then they coincide. So, their centres and boundaries coincide. Therefore, their radii will coincide.  
 (v) True. The first axiom of Euclid.
3. There are several undefined terms which the student should list. They are consistent, because they deal with two different situations - (i) says that given two points A and B, there is a point C lying on the line in between them; (ii) says that given A and B, you can take C not lying on the line through A and B.

These ‘postulates’ do not follow from Euclid’s postulates. However, they follow from Axiom 5.1.

4.  $AC = BC$   
 So,  $AC + AC = BC + AC$  (Equals are added to equals)  
 i.e.,  $2AC = AB$  ( $BC + AC$  coincides with  $AB$ )  
 Therefore,  $AC = \frac{1}{2}AB$
5. Make a temporary assumption that different points C and D are two mid-points of AB. Now, you show that points C and D are not two different points.

6.  $AC = BD$  (Given) (1)  
 $AC = AB + BC$  (Point B lies between A and C) (2)  
 $BD = BC + CD$  (Point C lies between B and D) (3)

ಅಭ್ಯಾಸಂ 4.2

- (iii) ఎందుకంటే ప్రతీ  $x$  విలువకు దానికి అనుగుణమైన  $y$  విలువ ఉండును మరియు ప్రతీ  $y$  విలువకు దానికి అనుగుణమైన  $x$  విలువ ఉంటుంది.
  - (i)  $(0, 7), (1, 5), (2, 3), (4, -1)$
  - (ii)  $(1, 9 - \pi), (0, 9), (-1, 9 + \pi), \left( \frac{9}{\pi}, 0 \right)$
  - (iii)  $(0, 0), (4, 1), (-4, 1), \left( 2, \frac{1}{2} \right)$
  - (i) కాదు      (ii) కాదు      (iii) అవును      (iv) కాదు      (v) కాదు

4. 7

అభ్యాసం 5.1

- ఆనత్యం. ఇది విద్యార్థికి దృశ్యపరంగా అనుభవం అవుతుంది.
    - ఆనత్యం. ఇది 5.1 సామాన్య భావనకు విరుద్ధం.
    - (iii) సత్యం. (2వ స్వికృతం)
    - (iv) సత్యం. రెండు సమాన వ్యత్తాలను ఒకదానిపై మరొకటి ఉంచినపుడు అవి ఏకీభవిస్తాయి. కావున వాటి కేంద్రాలు మరియు వృత్త పంచులు కూడా ఏకీభవించును. అందువలన వాని వృత్త వ్యాసార్థాలు కూడా ఏకీభవిస్తాయి.
    - (v) సత్యం. యూస్కిడ్ మొదటి సామాన్య భావన.
  - ఇచట అనేక అనిర్వచిత పదాలను విద్యార్థి జాబితా రూపంలో చూడవచ్చు. అవి సంశత్తునది. ఎందుకంటే రెండు వేరేరు సందర్భాలను పరీశాలించగా (i) నుండి ఇవ్వబడిన A మరియు B బిందువుల గుండా పోయే రేఖపై A, B ల మధ్య C అను బిందువు కలదు అని తెలుస్తుంది. (ii) నుండి A మరియు B గుండా పోయే రేఖపై లేకుండా C అను బిందువు ను తీసుకొనవచ్చు అని తెలియును.

ఈ స్వికృతాలు యూస్కిడ్ స్వికృతాలను అనుసరించి లేవు. అయితే అవి సామాన్య భావన 5.1ను అనుసరించి ఉన్నాయి.

$$4. \quad AC = BC$$

$$\text{కావన} \quad AC + AC = BC + AC \quad (\text{సమాన రాశులను సమానరాశులకు కూడగా)$$

କାବ୍ୟୀ 2AC = AB (BC + AC = AB ଅନି ଏକିଭବିଷ୍ୟଂଦି )

Therefore,  $\omega_{AC} = \frac{1}{2} \omega_{AB}$

5. C మరియు D అనునవి AB కు రెండు వేర్లేరు మధ్య బిందువులు అనుకోండి. ఇప్పుడు C మరియు D అనేవి రెండు వేర్లేరు బిందువులు కావు అని చూపాలి.

$$6. \quad AC = BD \quad (\text{ಇವು ಬಳಸಿದಂದಿ}) \quad (1)$$

$$AC = AB + BC \quad (\text{B బిందువు } A \text{ మరియు } C \text{ ల మధ్య కలదు) \quad (2)$$

$$BD = BC + CD \quad (\text{C బిందువు } B \text{ మరియు } D \text{ ల మద్ద కలదు}) \quad (3)$$

Substituting (2) and (3) in (1), you get

$$AB + BC = BC + CD$$

So,  $AB = CD$  (Subtracting equals from equals)

7. Since this is true for any thing in any part of the world, this is a universal truth.

### EXERCISE 6.1

1.  $30^\circ, 250^\circ$
2.  $126^\circ$
4. Sum of all the angles at a point =  $360^\circ$
5.  $\angle QOS = \angle SOR + \angle ROQ$  and  $\angle POS = \angle POR - \angle SOR$ .
6.  $122^\circ, 302^\circ$

### EXERCISE 6.2

1.  $126^\circ$
2.  $126^\circ, 36^\circ, 54^\circ$
3.  $60^\circ$
4.  $50^\circ, 77^\circ$
5. Angle of incidence = Angle of reflection. At point B, draw  $BE \perp PQ$  and at point C, draw  $CF \perp RS$ .

### EXERCISE 7.1

1. They are equal.
6.  $\angle BAC = \angle DAE$

### EXERCISE 7.2

6.  $\angle BCD = \angle BCA + \angle DCA = \angle B + \angle D$
7. each is of  $45^\circ$

### EXERCISE 7.3

3. (ii) From (i),  $\angle ABM = \angle PQN$

### EXERCISE 8.1

3. (i) From  $\triangle DAC$  and  $\triangle BCA$ , show  $\angle DAC = \angle BCA$  and  $\angle ACD = \angle CAB$ , etc.  
(ii) Show  $\angle BAC = \angle BCA$ , using Theorem 8.4.

### EXERCISE 8.2

2. Show PQRS is a parallelogram. Also show  $PQ \parallel AC$  and  $PS \parallel BD$ . So,  $\angle P = 90^\circ$ .
5. AECF is a parallelogram. So,  $AF \parallel CE$ , etc.

(2) మరియు (3) లను (1) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$AB + BC = BC + CD$$

కావున,

$$AB = CD \text{ (సమాన రాశుల నుండి సమాన రాశులను తీసివేయగా)}$$

7. ఎందుకంటే ప్రపంచంలో ప్రతీ విషయానికి ఇది సత్యం. ఇది సార్వత్రిక సత్యం.

### అభ్యాసం 6.1

1.  $30^\circ, 250^\circ$
2.  $126^\circ$
4. ఒక బిందువు వద్ద ఆన్ని కోణాల మొత్తం =  $360^\circ$
5.  $\angle QOS = \angle SOR + \angle ROQ$  మరియు  $\angle POS = \angle POR - \angle SOR$ .
6.  $122^\circ, 302^\circ$

### అభ్యాసం 6.2

1.  $126^\circ$
2.  $126^\circ, 36^\circ, 54^\circ$
3.  $60^\circ$
4.  $50^\circ, 77^\circ$
5. పతన కోణం విలువ = పరావర్తన కోణం విలువ. B బిందువు వద్ద  $BE \perp PQ$  అగునట్లు BEను మరియు C  $CF \perp RS$  అగునట్లు CFను గీయండి.

### అభ్యాసం 7.1

1. అవి సమానాలు
6.  $\angle BAC = \angle DAE$

### అభ్యాసం 7.2

6.  $\angle BCD = \angle BCA + \angle DCA = \angle B + \angle D$
7. ప్రతీకోణం విలువ  $45^\circ$

### అభ్యాసం 7.3

3. (ii) నుండి (i),  $\angle ABM = \angle PQN$

### అభ్యాసం 8.1

3. (i)  $\triangle DAC$  మరియు  $\triangle BCA$  ల నుండి  $\angle DAC = \angle BCA$  మరియు  $\angle ACD = \angle CAB$  మొఱగాలి. అని చూపాలి.
- (ii) సిద్ధాంతం 8.4 ను ఉపయోగించి  $\angle BAC = \angle BCA$  అని చూపండి.

### అభ్యాసం 8.2

2. PQRS ఒక సమాంతర చతుర్భుజం అని చూపాలి. అంతేకాకుండా  $PQ \parallel AC$  మరియు  $PS \parallel BD$  అని చూపాలి. కావున,  $\angle P = 90^\circ$ .
5. AECF అనేది ఒక సమాంతర చతుర్భుజం. కావున,  $AF \parallel CE$  మొఱగాలి.

### EXERCISE 9.1

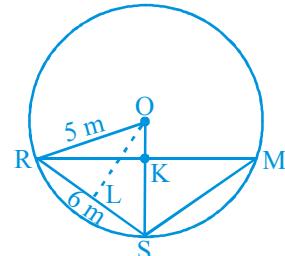
- Prove exactly as Theorem 9.1 by considering chords of congruent circles.
- Use SAS axiom of congruence to show the congruence of the two triangles.

### EXERCISE 9.2

- 6 cm. First show that the line joining centres is perpendicular to the radius of the smaller circle and then that common chord is the diameter of the smaller circle.
- If AB, CD are equal chords of a circle with centre O intersecting at E, draw perpendiculars OM on AB and ON on CD and join OE. Show that right triangles OME and ONE are congruent.
- Proceed as in Example 2.
- Draw perpendicular OM on AD.

- Represent Reshma, Salma and Mandip by R, S and M respectively. Let KR = x m (see figure).

Area of  $\triangle$  ORS =  $\frac{1}{2}x \times 5$ . Also, area of  $\triangle$  ORS =  $\frac{1}{2} RS \times OL = \frac{1}{2} \times 6 \times 4$ .



Find x and hence RM.

- Use the properties of an equilateral triangle and also Pythagoras Theorem.

### EXERCISE 9.3

- $45^\circ$
- $150^\circ, 30^\circ$
- $10^\circ$
- $80^\circ$
- $110^\circ$
- $\angle BCD = 80^\circ$  and  $\angle ECD = 50^\circ$
- Draw perpendiculars AM and BN on CD (AB || CD and AB < CD). Show  $\triangle AMD \cong \triangle BNC$ . This gives  $\angle C = \angle D$  and, therefore,  $\angle A + \angle C = 180^\circ$ .

### EXERCISE 10.1

- $\frac{\sqrt{3}}{4}a^2, 900.3\text{cm}^2$
- ₹ 1650000
- $20\sqrt{2}\text{m}^2$
- $21\sqrt{11}\text{cm}^2$
- $9000\text{ cm}^2$
- $9\sqrt{15}\text{ cm}^2$

### అభ్యాసం 9.1

- సిద్ధాంతం 9.1 ప్రకారం సర్వసమాన వృత్తాల జ్యలను పరిగణలోకి తీసుకుని నిరూపణ చేయాలి.
- రెండు ప్రతిభుజాలు సర్వసమానం అని చూపుటకు భ.కో.భ. సర్వసమానత్వ నియమాన్ని ఉపయోగించాలి.

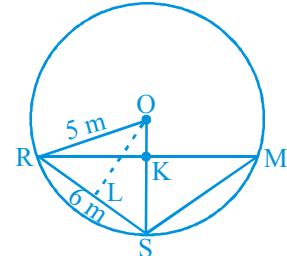
### అభ్యాసం 9.2

- 6 సెం.మీ. మొదటగా వృత్త కేంద్రాలను కలుపు రేఖ చిన్నవృత్త వ్యాసార్థానికి లంబంగా ఉంటుందని చూపాలి మరియు ఉమ్మడి జ్య చిన్న వృత్త వ్యాసం అని చూపాలి.
- O కేంద్రంగా గల వృత్తం యొక్క రెండు సమాన జ్యలు E వద్ద ఖండించుకొన్నట్లే AB కు లంబం OM మరియు CD కు లంబం ON ను గీయాలి మరియు OEను కలపండి. లంబకోణ ప్రతిభుజాలు OME మరియు ONEలు సర్వసమానమని చూపాలి.
- ఉదాహరణకు 2ను అనుసరించండి.
- AD మీద OM లంబాన్ని గీయండి.

- రేపు, సల్ప మరియు మన్దివీలను R, S మరియు M లతో సూచించండి. KR = x m అనుకోండి. (పటాన్ని చూడండి).  $\triangle$

$$\text{ORS వైశాల్యం} = \frac{1}{2}x \times 5. \text{ మరియు } \triangle \text{ ORS వైశాల్యం} = \frac{1}{2}$$

$$RS \times OL = \frac{1}{2} \times 6 \times 4.$$



x మరియు RM విలువలను కనుగొనండి.

- సమబాహు ప్రతిభుజ ధర్మాలు మరియు పైఫాగరస్ సిద్ధాంతాన్ని ఉపయోగించండి.

### అభ్యాసం 9.3

- $45^\circ$
- $150^\circ, 30^\circ$
- $10^\circ$
- $80^\circ$
- $110^\circ$
- $\angle BCD = 80^\circ$  మరియు  $\angle ECD = 50^\circ$
- CD మీద AM మరియు BN లంబాలను గీయండి. ( $AB \parallel CD$  మరియు  $AB < CD$ ).  
 $\triangle AMD \cong \triangle BNC$  అని చూపాలి. దీనినుండి  $\angle C = \angle D$  మరియు  $\angle A + \angle C = 180^\circ$ .

### అభ్యాసం 10.1

- $\frac{\sqrt{3}}{4}a^2, 900,3 \text{ cm}^2$
- ₹ 1650000
- $20\sqrt{2} \text{ m}^2$
- $21\sqrt{11} \text{ cm}^2$
- $9000 \text{ cm}^2$
- $9\sqrt{15} \text{ cm}^2$

**EXERCISE 11.1**

- 1.**  $165 \text{ cm}^2$       **2.**  $1244.57 \text{ m}^2$       **3.** (i)  $7 \text{ cm}$  (ii)  $462 \text{ cm}^2$   
**4.** (i)  $26 \text{ m}$  (ii)  $\text{₹ } 137280$     **5.**  $63 \text{ m}$       **6.**  $\text{₹ } 1155$   
**7.**  $5500 \text{ cm}^2$       **8.**  $\text{₹ } 384.34$  (approx.)

**EXERCISE 11.2**

- 1.** (i)  $1386 \text{ cm}^2$       (ii)  $394.24 \text{ cm}^2$       (iii)  $2464 \text{ cm}^2$   
**2.** (i)  $616 \text{ cm}^2$       (ii)  $1386 \text{ cm}^2$       (iii)  $38.5 \text{ m}^2$   
**3.**  $942 \text{ cm}^2$       **4.**  $1 : 4$       **5.**  $\text{₹ } 27.72$   
**6.**  $3.5 \text{ cm}$       **7.**  $1 : 16$       **8.**  $173.25 \text{ cm}^2$   
**9.** (i)  $4\pi r^2$       (ii)  $4\pi r^2$       (iii)  $1 : 1$

**EXERCISE 11.3**

- 1.** (i)  $264 \text{ cm}^3$  (ii)  $154 \text{ cm}^3$     **2.**      (i)  $1.232 l$  (ii)  $\frac{11}{35} l$   
**3.**  $10 \text{ cm}$       **4.**  $8 \text{ cm}$       **5.**  $38.5 kl$   
**6.** (i)  $48 \text{ cm}$  (ii)  $50 \text{ cm}$  (iii)  $2200 \text{ cm}^2$       **7.**  $100\pi \text{ cm}^3$     **8.**       $240\pi \text{ cm}^3$ ;  $5 : 12$   
**9.**  $86.625x \text{ m}^3$ ,  $99.825 \text{ m}^2$

**EXERCISE 11.4**

- 1.** (i)  $1437 \frac{1}{3} \text{ cm}^3$       (ii)  $1.05 \text{ m}^3$  (approx.)  
**2.** (i)  $11498 \frac{2}{3} \text{ cm}^3$       (ii)  $0.004851 \text{ m}^3$       **3.**       $345.39 \text{ g}$  (approx.)  
**4.**  $\frac{1}{64}$       **5.**  $0.303l$  (approx.)      **6.**       $0.06348 \text{ m}^3$  (approx.)  
**7.**  $179 \frac{2}{3} \text{ cm}^3$     **8.** (i)  $249.48 \text{ m}^2$  (ii)  $523.9 \text{ m}^3$  (approx.)    **9.**      (i)  $3r$  (ii)  $1 : 9$   
**10.**  $22.46 \text{ mm}^3$  (approx.)

### అభ్యాసం 11.1

1.  $165 \text{ cm}^2$       2.  $1244.57 \text{ m}^2$       3. (i)  $7 \text{ cm}$  (ii)  $462 \text{ cm}^2$   
 4. (i)  $26 \text{ m}$  (ii)  $\text{₹ } 137280$       5.  $63 \text{ m}$       6.  $\text{₹ } 1155$   
 7.  $5500 \text{ cm}^2$       8.  $\text{₹ } 384.34$  (సుమారుగా)

### అభ్యాసం 11.2

1. (i)  $1386 \text{ cm}^2$       (ii)  $394.24 \text{ cm}^2$       (iii)  $2464 \text{ cm}^2$   
 2. (i)  $616 \text{ cm}^2$       (ii)  $1386 \text{ cm}^2$       (iii)  $38.5 \text{ m}^2$   
 3.  $942 \text{ cm}^2$       4.  $1 : 4$       5.  $\text{₹ } 27.72$   
 6.  $3.5 \text{ cm}$       7.  $1 : 16$       8.  $173.25 \text{ cm}^2$   
 9. (i)  $4\pi r^2$       (ii)  $4\pi r^2$       (iii)  $1 : 1$

### అభ్యాసం 11.3

1. (i)  $264 \text{ cm}^3$  (ii)  $154 \text{ cm}^3$  2. (i)  $1.232 l$  (ii)  $\frac{11}{35} l$   
 3.  $10 \text{ cm}$       4.  $8 \text{ cm}$       5.  $38.5 kl$   
 6. (i)  $48 \text{ cm}$  (ii)  $50 \text{ cm}$  (iii)  $2200 \text{ cm}^2$       7.  $100\pi \text{ cm}^3$       8.  $240\pi \text{ cm}^3$ ;  $5 : 12$   
 9.  $86.625x \text{ m}^3$ ,  $99.825 \text{ m}^2$

### అభ్యాసం 11.4

1. (i)  $1437 \frac{1}{3} \text{ cm}^3$       (ii)  $1.05 \text{ m}^3$  (సుమారుగా)  
 2. (i)  $11498 \frac{2}{3} \text{ cm}^3$       (ii)  $0.004851 \text{ m}^3$       3.  $345.39 \text{ g}$  (సుమారుగా)  
 4.  $\frac{1}{64}$       5.  $0.303l$  (సుమారుగా)      6.  $0.06348 \text{ m}^3$  (సుమారుగా)  
 7.  $179\frac{2}{3} \text{ cm}^3$       8. (i)  $249.48 \text{ m}^2$  (ii)  $523.9 \text{ m}^3$  (సుమారుగా)      9. (i)  $3r$  (ii)  $1 : 9$   
 10.  $22.46 \text{ mm}^3$  (సుమారుగా)

### EXERCISE 12.1

1. (ii) Reproductive health conditions.
3. (ii) Party A      4. (ii) Frequency polygon    (iii) No      5. (ii) 184

8. Age (in years)	Frequency	Width	Length of the rectangle
1 - 2	5	1	$\frac{5}{1} \times 1 = 5$
2 - 3	3	1	$\frac{3}{1} \times 1 = 3$
3 - 5	6	2	$\frac{6}{2} \times 1 = 3$
5 - 7	12	2	$\frac{12}{2} \times 1 = 6$
7 - 10	9	3	$\frac{9}{3} \times 1 = 3$
10 - 15	10	5	$\frac{10}{5} \times 1 = 2$
15 - 17	4	2	$\frac{4}{2} \times 1 = 2$

Now, you can draw the histogram, using these lengths.

9. (i) Number of letters	Frequency	Width of interval	Length of rectangle
1 - 4	6	3	$\frac{6}{3} \times 2 = 4$
4 - 6	30	2	$\frac{30}{2} \times 2 = 30$
6 - 8	44	2	$\frac{44}{2} \times 2 = 44$
8 - 12	16	4	$\frac{16}{4} \times 2 = 8$
12 - 20	4	8	$\frac{4}{8} \times 2 = 1$

Now, draw the histogram.

(ii) 6 - 8

### అభ్యాసం 12.1

1. (ii) పునరుత్పత్తికి సంబంధించిన ఆరోగ్య సమస్యలు.
3. (ii) పాటీ A      4. (ii) పొనఃపున్య బహుభుజి      (iii) కాదు      5. (ii) 184

8. వయస్సు (సంవర్గాలో)	తరచుదనం	వెడల్పు	దీర్ఘ చతురప్రం యొక్క పొడవు
1 - 2	5	1	$\frac{5}{1} \times 1 = 5$
2 - 3	3	1	$\frac{3}{1} \times 1 = 3$
3 - 5	6	2	$\frac{6}{2} \times 1 = 3$
5 - 7	12	2	$\frac{12}{2} \times 1 = 6$
7 - 10	9	3	$\frac{9}{3} \times 1 = 3$
10 - 15	10	5	$\frac{10}{5} \times 1 = 2$
15 - 17	4	2	$\frac{4}{2} \times 1 = 2$

ఇప్పుడు ఈ పొడవులను పయాగించి మీరు సోపానరేభా చిత్రం హిస్టోగ్రామ్ గీయవలను.

9. (i)	అక్షరాల సంఖ్య	తరచుదనం	వెడల్పు	దీర్ఘ చతురప్రం యొక్క పొడవు
	1 - 4	6	3	$\frac{6}{3} \times 2 = 4$
	4 - 6	30	2	$\frac{30}{2} \times 2 = 30$
	6 - 8	44	2	$\frac{44}{2} \times 2 = 44$
	8 - 12	16	4	$\frac{16}{4} \times 2 = 8$
	12 - 20	4	8	$\frac{4}{8} \times 2 = 1$

ఇప్పుడు హిస్టోగ్రామ్ సోపానరేభా చిత్రం గీయాలి.

(ii) 6 - 8

## EXERCISE A1.1



## EXERCISE A1.2

1. (i) Humans are vertebrates. (ii) No. Dinesh could have got his hair cut by anybody else. (iii) Gulag has a red tongue. (iv) We conclude that the gutters will have to be cleaned tomorrow. (v) All animals having tails need not be dogs. For example, animals such as buffaloes, monkeys, cats, etc. have tails but are not dogs.
  2. You need to turn over B and 8. If B has an even number on the other side, then the rule has been broken. Similarly, if 8 has a consonant on the other side, then the rule has been broken.

## **EXERCISE A1.3**

- Three possible conjectures are:
    - The product of any three consecutive even numbers is even.
    - The product of any three consecutive even numbers is divisible by 4.
    - The product of any three consecutive even numbers is divisible by 6.
  - Line 4:  $1\ 3\ 3\ 1 = 11^3$ ; Line 5:  $1\ 4\ 6\ 4\ 1 = 11^4$ ; the conjecture holds for Line 4 and Line 5; No, because  $11^5 \neq 15101051$ .
  - $T_4 + T_5 = 25 = 5^2$ ;  $T_{n-1} + T_n = n^2$ .
  - $111111^2 = 12345654321$ ;  $1111111^2 = 1234567654321$
  - Student's own answer. For example, Euclid's postulates.

అభ్యాసం A1.1

- (i) అసత్యం. ఒక సంవత్సరానికి 12 నెలలు.  
 (ii) సందిగ్గత: ఒక సం॥లో దీపావళి శుక్రవారం రావచ్చు, రాకపోవచ్చు.  
 (iii) సందిగ్గత : సం॥లో ఒకరోజు మగది ఉష్ణోగ్రత  $26^{\circ}\text{C}$  ఉండవచ్చు.  
 (iv) ఎల్లప్పుడూ సత్యం.  
 (v) అసత్యం. కుక్కలు ఎగుర లేవు.  
 (vi) సందిగ్గత : లీఫ్ సం॥లో ఫీబ్రవరి నెలకు 29 రోజులుండును.
  - (i) అసత్యం. చతుర్భుజంలో అంతరకోణాల మొత్తం  $360^{\circ}$ .  
 (ii) సత్యం (iii) సత్యం (iv) సత్యం
  - (v) అసత్యం. ఉదాహరణకు  $7 + 5 = 12$  బేసి సంఖ్య కాదు.
  - (i) 2 కంటే పెద్దదైన ప్రధాన సంఖ్యలన్నీ బేసి సంఖ్యలు.  
 (ii) ఒక సహజసంఖ్యకు రెట్లింపు ఎల్లప్పుడూ సరిసంఖ్య అవుతుంది.  
 (iii)  $x > 1$  అయ్యేట్లు  $x$  యొక్క ఏ విలువకైనా  $3x + 1 > 4$  అవుతుంది.  
 (iv)  $x \geq 0$  అయ్యేట్లు  $x$  యొక్క ఏ విలువకైనా  $x^3 \geq 0$  అవుతుంది.  
 (v) సమబాహు త్రిభుజంలో మధ్యగత రేఖాయే కోణ సమద్విభండన రేఖ అవుతుంది.

అభ్యాసం A1.2

- (i) మానవులు సకశేరుకాలు (వెన్నుముక గల జీవులు) (ii) కాదు. దినేష్ జుట్టును మరెవరైనా కత్తిరించి ఉండకపోవచ్చు. (iii) గులాగ్ ఎరటి నాలుకను కలిగి ఉంది. (iv) కాలువలు రేవు శుభ్రం చేయాలని మేము నిర్ధారించాం. (v) తోకలున్న అన్ని జంతువులు కుక్కలు కానవసరం లేదు. ఉదాహరణకు గేదెలు, కోతులు, పిల్లలు మొదలగునవి తోకలు కలిగి ఉండును.
  - సీపు B మరియు 41ని మార్చాల్చి ఉంది. ఒకవేళ Bకు మరొకవైపు సరి సంఖ్య ఉంటే అప్పడు నియమం పాటించబడదు. అదేవిధంగా ఒకవేళ Bకు వేరొకవైపు స్థిరరాశి ఉంటే అప్పడు నియమం పాటించబడదు.

అభ్యాసం A1.3

1. మూడు సాధ్యమయ్యే పరికల్పనలు.  
 (i) ఏవైనా 3 వరుస సరిసంఖ్యల లబ్దం సరి సంఖ్య (ii) ఏవైనా 3 వరుస సరి సంఖ్యల లబ్దం 4చే భాగించబడుతుంది.  
 (iii) ఏవైనా 3 వరుస సరి సంఖ్యల లబ్దం 6చే భాగించబడుతుంది.
  2. 4వ వరుస :  $1 \ 3 \ 3 \ 1 = 11^3$ ; 5వ వరుస :  $1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1 = 11^4$ ; 4వ వరుస మరియు 5వ వరుసలకు పరికల్పన వర్తిస్తుంది.  $11^5 = 15101051$  కావున వర్తించదు.
  3.  $T_4 + T_5 = 25 = 5^2$ ;  $T_{n-1} + T_n = n^2$ .
  4.  $111111^2 = 12345654321$ ;  $1111111^2 = 1234567654321$
  5. విద్యార్థుల స్వంత సమాధానం. ఉదాహరణకు యుక్కిద్ద సీక్ట్రులు.

### EXERCISE A1.4

1. (i) You can give any two triangles with the same angles but of different sides.  
 (ii) A rhombus has equal sides but may not be a square.  
 (iii) A rectangle has equal angles but may not be a square.  
 (iv) For  $a = 3$  and  $b = 4$ , the statement is not true.  
 (v) For  $n = 11$ ,  $2n^2 + 11 = 253$  which is not a prime.  
 (vi) For  $n = 41$ ,  $n^2 - n + 41$  is not a prime.
2. Student's own answer.
3. Let  $x$  and  $y$  be two odd numbers. Then  $x = 2m + 1$  for some natural number  $m$  and  $y = 2n + 1$  for some natural number  $n$ .  
 $x + y = 2(m + n + 1)$ . Therefore,  $x + y$  is divisible by 2 and is even.
4. See Q.3.  $xy = (2m + 1)(2n + 1) = 2(2mn + m + n) + 1$ .  
 Therefore,  $xy$  is not divisible by 2, and so it is odd.
5. Let  $2n$ ,  $2n + 2$  and  $2n + 4$  be three consecutive even numbers. Then their sum is  $6(n + 1)$ , which is divisible by 6.
7. (i) Let your original number be  $n$ . Then we are doing the following operations:  

$$\begin{aligned} n \rightarrow 2n \rightarrow 2n + 9 \rightarrow 2n + 9 + n &= 3n + 9 \rightarrow \frac{3n + 9}{3} = n + 3 \rightarrow n + 3 + 4 = n + 7 \rightarrow \\ n + 7 - n &= 7. \end{aligned}$$

- (ii) Note that  $7 \times 11 \times 13 = 1001$ . Take any three digit number say,  $abc$ . Then  $abc \times 1001 = abcabc$ . Therefore, the six digit number  $abcabc$  is divisible by 7, 11 and 13.

### EXERCISE A2.1

#### 1. Step 1: Formulation :

The relevant factors are the time period for hiring a computer, and the two costs given to us. We assume that there is no significant change in the cost of purchasing or hiring the computer. So, we treat any such change as irrelevant. We also treat all brands and generations of computers as the same, i.e. these differences are also irrelevant.

The expense of hiring the computer for  $x$  months is ₹  $2000x$ . If this becomes more than the cost of purchasing a computer, we will be better off buying a computer. So, the equation is

$$2000x = 25000 \quad (1)$$

### అభ్యాసం A1.4

1. (i) సమాన కోణాలు కలిగి వేర్పేరు భుజాలు కలిగిన ఏవైనా 2 త్రిభుజాలను నీవు ఇవ్వచ్చు.
  - (ii) రాంబన్ అనునది సమాన భుజాలను కలిగి ఉండును కాని చతురస్రం కాకపోవచ్చు.
  - (iii) దీ॥చ॥ సమాన కోణాలను కలిగి ఉండును. కాని చతురస్రం కాకపోవచ్చు.
  - (iv)  $a = 3$  మరియు  $b = 4$  లకు ప్రవచనం సత్యం కాదు.
  - (v)  $n = 11$  అయిన  $2n^2 + 11 = 253$  ప్రధాన సంఖ్య కాదు.
  - (vi)  $n = 41$  అయిన  $n^2 - n + 41$  ప్రధాన సంఖ్య కాదు.
2. విద్యార్థుల స్వయం(స్వంత) సమాధానం.
  3.  $x$  మరియు  $y$  అనునవి రెండు బేసి సంఖ్యలు అనుకోండి. అప్పుడు  $x = 2m + 1$ .  $m$  ఒక సహజ సంఖ్య మరియు  $y = 2n + 1$   $n$  ఒక సహజ సంఖ్య.  
 $x + y = 2(m + n + 1)$ .  $x + y$  2 తో భాగించబడును మరియు సరి సంఖ్య
  4. Q.3 ను చూడండి.  $xy = (2m + 1)(2n + 1) = 2(2mn + m + n) + 1$ .  
 $x$   $y$  అనునది ‘2’ తో భాగించబడు. కావున ఇది బేసి సంఖ్య.
  5.  $2n, 2n + 2$  మరియు  $2n + 4$  అనునవి మూడు వరుస నరినంఖ్యలు. అప్పుడు వాని వెుత్తం  $6(n + 1)$  అనునది ‘6’ తో భాగించబడును.
  7. (i) మీ యొక్క అసలు సంఖ్య  $n$  అనుకోండి. అప్పుడు మనం క్రింది విధంగా చేస్తాం.

$$n \rightarrow 2n \rightarrow 2n + 9 \rightarrow 2n + 9 + n = 3n + 9 \rightarrow \frac{3n + 9}{3} = n + 3 \rightarrow n + 3 + 4 = n + 7 \rightarrow \\ n + 7 - n = 7.$$

- (ii)  $7 \times 11 \times 13 = 1001$  అని గమనించండి. ఏదైనా 3 అంకెల సంఖ్య  $abc$  అనుకోండి. అప్పుడు  $abc \times 1001 = abcabc$  కావున ‘6’ అంకెల సంఖ్య  $abcabc$  అనేది 7, 11 మరియు 13 లతో భాగించబడును.

### అభ్యాసం A2.1

#### 1. సూత్రికరణ : 1వ దశ:

కంపూటర్ను అడ్డెకు తీసుకొను కాలవ్యవధికి సంబంధించి కారకాలు మరియు రెండు ఖర్చులు మాకు ఇవ్వబడ్డాయి. కంపూటర్ను ఖరీదు చేయడానికి అయ్యే ఖర్చు మరియు అడ్డెకు తీసుకొనుటకు అయ్యే ఖర్చులలో పెద్దగా మార్పులేదని మేము అనుకోంటున్నాం. కావున అటువంటి ఏ మార్పునైనా అసంబంధమైనదిగా పరిగణిస్తాం. అంతేకాకుండా అన్ని బ్రాండ్లు మరియు అన్ని తరాల కంపూటర్లను ఒకేరకమైనవిగా పరిగణిస్తాం. అనగా ఈ మార్పులు కూడా అసంబంధమైనవి.

కంపూటర్ను  $x$  నెలలు అడ్డెకు తీసుకొనుటకు అగు ఖర్చు ₹ 2000x. ఒకవేళ కంపూటర్ను ఖరీదు చేయుటకు అయ్యే ఖర్చు కంటే ఎక్కువైతే అప్పుడు కంపూటర్ను ఖరీదు చేయుట మంచిదని భావిస్తాం. కావున సమీకరణం

$$2000x = 25000 \quad (1)$$

**Step 2 : Solution :** Solving (1),  $x = \frac{25000}{2000} = 12.5$

**Step 3 : Interpretation :** Since the cost of hiring a computer becomes more **after** 12.5 months, it is cheaper to buy a computer, if you have to use it for more than 12 months.

2. **Step1 : Formulation :** We will assume that cars travel at a constant speed. So, any change of speed will be treated as irrelevant. If the cars meet after  $x$  hours, the first car would have travelled a distance of  $40x$  km from A and the second car would have travelled  $30x$  km, so that it will be at a distance of  $(100 - 30x)$  km from A. So the equation will be  $40x = 100 - 30x$ , i.e.,  $70x = 100$ .

**Step 2 : Solution :** Solving the equation, we get  $x = \frac{100}{70}$ .

**Step 3 : Interpretation :**  $\frac{100}{70}$  is approximately 1.4 hours. So, the cars will meet after 1.4 hours.

3. **Step1: Formulation :** The speed at which the moon orbits the earth is

$$\frac{\text{Length of the orbit}}{\text{Time taken}}$$

**Step 2 : Solution :** Since the orbit is nearly circular, the length is  $2 \times \pi \times 384000$  km  
 $= 2411520$  km

The moon takes 24 hours to complete one orbit.

So, speed =  $\frac{2411520}{24}$  = 100480 km/hour.

**Step 3 : Interpretation :** The speed is 100480 km/h.

4. **Formulation :** An assumption is that the difference in the bill is only because of using the water heater.

Let the average number of hours for which the water heater is used =  $x$

Difference per month due to using water heater = ₹ 1240 – ₹ 1000 = ₹ 240

Cost of using water heater for one hour = ₹ 8

So, the cost of using the water heater for 30 days =  $8 \times 30 \times x$

Also, the cost of using the water heater for 30 days = Difference in bill due to using water heater

So,  $240x = 240$

**Solution :** From this equation, we get  $x = 1$ .

**Interpretation :** Since  $x = 1$ , the water heater is used for an average of 1 hour in a day.

**2వ దశ : సాధన :** (1) ను సాధించగా  $x = \frac{25000}{2000} = 12.5$

**3వ దశ : వివరణ :** 12.5 నెలల తర్వాత కంప్యూటర్సు అడ్డెకు తీసుకొనుటకు అయ్యే ఖర్చు ఎక్కువ ఆవుతుంది. కావున కంప్యూటర్సు 12 నెలలు కంటే ఎక్కువ వినియోగించాల్సి వస్తే దానిని ఖరీదు చేయడానికి అయ్యే ఖర్చు చౌకగా ఉంటుంది.

- 2. సూత్రీకరణ : 1వ దశ :** కార్బు స్థిరవేగంతో ప్రయాణిస్తున్నాయని అనుకుందాం. కావున వేగంలో ఏ మార్పునైనా అనంబంధమైనదిగా భావిస్తాం. ఒకవేళ  $x$  గంటల తర్వాత ఆ కార్బు ఒకచోట కలిస్తే అపుడు మొదటి కారు A నుండి  $40x$  కి.మీ. దూరం ప్రయాణిస్తుంది మరియు 2వ కారు 30x దూరం ప్రయాణిస్తుంది. అపుడు A నుండి  $(100 - 30x)$  కి.మీ. ఆవుతుంది.

**2వ దశ : సాధన :** సమీకరణాన్ని సాధించగా  $x = \frac{100}{70}$  పొందుతాం.

**3వ దశ : వివరణ :**  $\frac{100}{70} = 1.4$  గం॥ (సుమారుగా) కావున 2 కార్బు 1.4గంటల తర్వాత కలుస్తాయి.

- 3. సూత్రీకరణ : 1వ దశ:** చంద్రుడు భూమి చుట్టూ తీరిగే వేగం =  $\frac{\text{క్రూపొడవు}}{\text{పట్టిన సమయం}}$ .

**2వ దశ : సాధన :** క్రూ దాదాపుగా వృత్తాకారంలో ఉన్నందున పొడవు  $2 \times \pi \times 384000$  కి.మీ.  
= 2411520 కి.మీ.

చంద్రుడు ఒక పరిభ్రమణం చేయుటకు పట్టేకాలం 24గం॥

$$\text{కావున వేగం} = \frac{2411520}{24} = 100480 \text{ కి.మీ./గం॥}$$

**2వ దశ : వివరణ :** పరిభ్రమణ వేగం 100480 కి.మీ./గం॥

- 4. సూత్రీకరణ :** వాటర్ హీటర్సు వినియోగించడం వలన మాత్రమే బిల్లులో తేడా వచ్చిందని అనుకుందాం. వాటర్ హీటర్సు వినియోగించిన సరాసరి గంటల సంఖ్య =  $x$  అనుకోండి.

$$\text{వాటర్ హీటర్సు వినియోగం వలన ఒక నెలకు తేడా} = ₹ 1240 - ₹ 1000 = ₹ 240$$

$$1\text{గం॥ వాటర్ హీటర్ వినియోగించుటకు అయ్యే ఖర్చు} = ₹ 8$$

$$\text{కావున, వాటర్ హీటర్సు } 30 \text{ రోజులకు వినియోగించుటకు అయ్యే ఖర్చు} = 8 \times 30 \times x$$

$$\text{వాటర్ హీటర్సు } 30 \text{ రోజులు వినియోగించుటకు అగు ఖర్చు} = \text{వాటర్ హీటర్సు వినియోగించటం వలన కరెంట్ \text{ బిల్లులో వచ్చిన తేడా}$$

$$\text{కావున, } 240x = 240$$

**సాధన :** ఈ సమీకరణం నుండి  $x = 1$  ఆవుతుంది.

**వివరణ :**  $x = 1$  నుండి వాటర్ హీటర్ ఒక రోజుకు సరాసరి 1గం॥ వినియోగింపబడుతుంది.

**EXERCISE A2.2**

1. We will not discuss any particular solution here. You can use the same method as we used in last example, or any other method you think is suitable.

**EXERCISE A2.3**

1. We have already mentioned that the formulation part could be very detailed in real-life situations. Also, we do not validate the answer in word problems. Apart from this word problem have a ‘correct answer’. This need not be the case in real-life situations.
2. The important factors are (ii) and (iii). Here (i) is not an important factor although it can have an effect on the number of vehicles sold.

### అభ్యాసం A2.2

1. ఒక ఖచ్చితమైన పరిష్కారాన్ని ఇక్కడ చర్చించాం. చివరి ఉదాహరణలో సూచించని విధానాన్ని గాని దీనికి సరిపోయే వేరే విధానాన్ని గాని మీరు ఉపయోగించవచ్చు.

### అభ్యాసం A2.3

1. సూటీకరణ భాగం అనుసరించి నిజ జీవిత పరిస్థితులకు వివరంగా ఉండని మనం ఇదివరకే పేర్కొన్నాం. పద సమస్యల సమాధానాన్ని కూడా ధృవీకరించలేం. ఇదికాకుండా పదసమస్యకు సరైన సమాధానం కలదు. నిజ జీవిత పరిస్థితుల్లో ఈవిధంగా ఉండాల్సిన అవసరం లేదు.
2. ముఖ్యమైన కారకాలు (ii) మరియు (iii) ఇక్కడ (i) అనేది ముఖ్యమైన కారకం కాదు. అయినప్పటికీ అమృబడిన వాహనాల సంఖ్య పై ఇది ప్రభావం చూపుతుంది.

## **ROUGH WORK**

---

## **ROUGH WORK**

---

## **ROUGH WORK**

---