ગુજરાત રાજ્યના શિક્ષણવિભાગના પત્ર-ક્રમાંક
મશબ/1219/119-125/છ, તા.16/02/2019 થી મંજૂર

પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકા

ભૌતિકવિજ્ઞાન

ધોરણ XII

પ્રતિજ્ઞાપત્ર

ભારત મારો દેશ છે.
બધાં ભારતીયો મારાં ભાઈબહેન છે.
હું મારા દેશને ચાહું છું અને તેના સમૃદ્ધ અને
વૈવિધ્યપૂર્ણ વારસાનો મને ગર્વ છે.
હું સદાય તેને લાયક બનવા પ્રયત્ન કરીશ.
હું મારાં માતાપિતા, શિક્ષકો અને વડીલો પ્રત્યે આદર રાખીશ
અને દરેક જણ સાથે સભ્યતાથી વર્તીશ.
હું મારા દેશ અને દેશબાંધવોને મારી નિષ્ઠા અર્પું છું.
તેમનાં કલ્યાણ અને સમૃદ્ધિમાં જ મારું સુખ રહ્યું છે.

કિંમત : ₹ 221.00

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्
NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ
'વિદ્યાયન', સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર-382010

© NCERT, નવી દિલ્લી તથા ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, ગાંધીનગર
આ પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાના સર્વ હક NCERT તથા ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળને હસ્તક છે. આ પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાનો કોઈ પણ ભાગ કોઈ પણ રૂપમાં NCERT અને ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળની લેખિત પરવાનગી વગર પ્રકાશિત કરી શકાશે નહિ.

અનુવાદ
શ્રી પી. એમ. પટેલ
શ્રી કેયુર એચ. શાહ
શ્રી શૈલેષકુમાર એસ. પટેલ

સમીક્ષા
પ્રિ. ડૉ. વિમલ જોષી
ડૉ. રજની એચ. જોષી
ડૉ. મૂકેશ એન. ગાંધી
શ્રી કે. ડી. પટેલ
શ્રી સી. ડી. પટેલ
શ્રી મયૂર એમ. રાવલ
શ્રી એ. જી. મોમીન
કુ. હસુમતી એચ. શાહ

ભાષાશુદ્ધિ
ડૉ. દીપક બી. ભટ્ટ

સંયોજન
ડૉ. ચિરાગ એચ. પટેલ
(વિષય - સંયોજક : ભૌતિકવિજ્ઞાન)

નિર્માણ-સંયોજન
શ્રી હરેન શાહ
(નાયબ નિયામક : શૈક્ષણિક)

મુદ્રણ-આયોજન
શ્રી હરેશ એસ. લીમ્બાચીયા
(નાયબ નિયામક : ઉત્પાદન)

પ્રસ્તાવના

રાષ્ટ્રીય સ્તરે સમાન અભ્યાસક્રમ રાખવાની સરકારશ્રીની નીતિના અનુસંધાને ગુજરાત સરકાર તથા ગુજરાત માધ્યમિક અને ઉચ્ચતર માધ્યમિક શિક્ષણ બોર્ડ દ્વારા તા. 25-10-2017ના ઠરાવ ક્રમાંક મશબ/1217/1036/છ-થી શાળા કક્ષાએ NCERT ના પાઠ્યપુસ્તકોનો સીધો જ અમલ કરવાનો નિર્ણય કરવામાં આવ્યો તેને અનુલક્ષીને NCERT, નવી દિલ્લી દ્વારા પ્રકાશિત **ધોરણ XII ભૌતિકવિજ્ઞાન પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકા**નો ગુજરાતીમાં અનુવાદ કરીને વિદ્યાર્થીઓ સમક્ષ મૂકતાં ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ આનંદ અનુભવે છે.

આ પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાનો અનુવાદ તથા તેની સમીક્ષા નિષ્ણાત પ્રાધ્યાપકો અને શિક્ષકો પાસે કરાવવામાં આવ્યા છે અને સમીક્ષકોનાં સૂચનો અનુસાર હસ્તપ્રતમાં યોગ્ય સુધારા-વધારા કર્યા પછી આ પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકા પ્રસિદ્ધ કરતાં પહેલા આ પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાની મંજૂરી માટે એક સ્ટેટ લેવલની કમિટીની રચના કરવામાં આવી. આ કમિટીની સાથે NCERTના પ્રતિનિધિ તરીકે RIE, ભોપાલથી ઉપસ્થિત રહેલા નિષ્ણાતોની એક દિવસીય કાર્યશિબીરનું આયોજન કરવામાં આવ્યું અને પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાને અંતિમ સ્વરૂપ આપવામાં આવ્યું. જેમાં, ડૉ. એસ. કે. મકવાણા (RIE, ભોપાલ), ડૉ. કલ્પના મસ્કી (RIE, ભોપાલ), પ્રિ.ડૉ.વિમલ જોષી, શ્રી કે.ડી.પટેલ, શ્રી કેયુર એચ. શાહ, શ્રી એ.જી.મોમીન, શ્રી શૈલેષ એસ. પટેલ અને કુ.હસુમતી શાહે ઉપસ્થિત રહી પોતાના કીમતી સૂચનો અને માર્ગદર્શન પૂરા પાડ્યા છે.

પ્રસ્તુત પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાને રસપ્રદ, ઉપયોગી અને ક્ષતિરહિત બનાવવા માટે મંડળ દ્વારા પૂરતી કાળજી લેવામાં આવી છે, તેમ છતાં શિક્ષણમાં રસ ધરાવનાર વ્યક્તિઓ પાસેથી ગુણવત્તા વધારે તેવાં સૂચનો આવકાર્ય છે.

NCERT, નવી દિલ્લીના સહકાર બદલ તેમના આભારી છીએ.

અવંતિકા સિંઘ (IAS)
નિયામક — કાર્યવાહક પ્રમુખ
તા.04-04-2019 — ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2019

પ્રકાશક: ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, 'વિદ્યાયન', સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર વતી, અવંતિકા સિંઘ, નિયામક

મુદ્રક :

FOREWORD

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) is the apex body concerning all aspects of refinement of School Education. It has recently developed textual material in Physics for Higher Secondary stage which is based on the National Curriculum Framework (NCF)–2005. NCF recommends that children's experience in school education must be linked to the life outside school so that learning experience is joyful and fills the gap between the experience at home and in community. It recommends to diffuse the sharp boundaries between different subjects and discourages rote learning. The recent development of syllabi and textual material is an attempt to implement this basic idea. The present Laboratory Manual will be complementary to the textbook of Physics for Class XII. It is in continuation to the NCERT's efforts to improve upon comprehension of concepts and practical skills among students. The purpose of this manual is not only to convey the approach and philosophy of the practical course to students and teachers but to provide them appropriate guidance for carrying out experiments in the laboratory. The manual is supposed to encourage children to reflect on their own learning and to pursue further activities and questions. Of course, the success of this effort also depends on the initiatives to be taken by the principals and teachers to encourage children to carry out experiments in the laboratory and develop their thinking and nurture creativity.

The methods adopted for performing the practicals and their evaluation will determine how effective this practical book will prove to make the children's life at school a happy experience, rather than a source of stress and boredom. The practical book attempts to provide space to opportunities for contemplation and wondering, discussion in small groups, and activities requiring hands-on experience. It is hoped that the material provided in this manual will help students in carrying out laboratory work effectively and will encourage teachers to introduce some open-ended experiments at the school level.

PROFESSOR YASH PAL
Chairperson
National Steering Committee
National Council of Educational
Research and Training

CONSTITUTION OF INDIA

Part IV A (Article 51 A)

Fundamental Duties

Fundamental Duties – It shall be the duty of every citizen of India —

(a) to abide by the Constitution and respect its ideals and institutions, the National Flag and the National Anthem;

(b) to cherish and follow the noble ideals which inspired our national struggle for freedom;

(c) to uphold and protect the sovereignty, unity and integrity of India;

(d) to defend the country and render national service when called upon to do so;

(e) to promote harmony and the spirit of common brotherhood amongst all the people of India transcending religious, linguistic and regional or sectional diversities; to renounce practices derogatory to the dignity of women;

(f) to value and preserve the rich heritage of our composite culture;

(g) to protect and improve the natural environment including forests, lakes, rivers, wildlife and to have compassion for living creatures;

(h) to develop the scientific temper, humanism and the spirit of inquiry and reform;

(i) to safeguard public property and to abjure violence;

(j) to strive towards excellence in all spheres of individual and collective activity so that the nation constantly rises to higher levels of endeavour and achievement;

(k) who is a parent or guardian, to provide opportunities for education to his child or, as the case may be, ward between the age of six and fourteen years.

PREFACE

The development of the present laboratory manual is in continuation to the NCERT's efforts to support comprehension of concepts of science and also facilitate inculcation of process skills of science. This manual is complementary to the *Physics Textbook for Class XII* published by NCERT in 2007 following the guidelines enumerated in National Curriculum Framework (NCF)-2005. One of the basic criteria for validating a science curriculum recommended in NCF–2005, is that 'it should engage the learner in acquiring the methods and processes that lead to the generation and validation of scientific knowledge and nurture the natural curiosity and creativity of the child in science'. The broad objective of this laboratory manual is to help the students in performing laboratory based exercises in an appropriate manner so as to develop a spirit of enquiry in them. It is envisaged that students would be given all possible opportunities to raise questions and seek their answers from various sources.

The physics practical work in this manual has been presented under four sections (i) experiments (ii) activities (iii) projects and (iv) demonstrations. A write-up on major skills to be developed through practical work in physics has been given in the beginning which includes discussion on objectives of practical work, experimental errors, logarithm, plotting of graphs and general instructions for recording experiments.

Experiments and activities prescribed in the NCERT syllabus (covering CBSE syllabus also) of class XII are discussed in detail. Guidelines for conducting each experiment has been presented under the headings (i) apparatus and material required (ii) principle (iii) procedure (iv) observations (v) calculations (vi) result (vii) precautions (viii) sources of error. Some important experimental aspects that may lead to better understanding of result are also highlighted in discussion. Some questions related to the concepts involved have been raised so as to help the learners in self assessment. Additional experiments/activities related to a given experiment are put forth under suggested additional experiments/activities at the end.

A number of project ideas including guidelines are suggested so as to cover all types of topics that may interest young learners at higher secondary level.

A large number of demonstration experiments have also been suggested for the teachers to help them in classroom transaction. Teachers should encourage participation of the students in setting up and improvising apparatus, in discussion and give them opportunity to analyse the experimental data to arrive at conclusions.

Appendices have been included with a view to try some innovative experiments using improvised apparatus. Data section at the end of the book enlists a number of useful Tables of physical constants.

Each experiment, activity, project and demonstration suggested in this manual have been tried out by the experts and teachers before incorporating them. We sincerely hope

that students and teachers will get motivated to perform these experiments supporting various concepts of physics thereby enriching teaching learning process and experiences.

It may be recalled that NCERT brought out laboratory manual in physics for senior secondary classes earlier in 1989. The write-ups on activities, projects, demonstrations and appendices included in physics manual published by NCERT in 1989 have been extensively used in the development of the present manual.

We are grateful to the teachers and subject experts who participated in the workshops organised for the review and refinement of the manuscript of this laboratory manual.

I acknowledge the valuable contributions of Professor B.K. Sharma and other team members who contributed and helped in finalising this manuscript. I also acknowledge with thanks the dedicated efforts of Shashi Prabha who looked after the coordinatorship after superannuation of Professor B.K. Sharma in June, 2008. I also especially thank Professor Krishna Kumar, *Former Director* and Professor G. Ravindra, *Joint Director*, NCERT for their administrative support and keen interest in the development of this laboratory manual.

We warmly welcome comments and suggestions from our valued readers for further improvement of this manual.

HUKUM SINGH
Professor and Head
Department of Education in
Science and Mathematics

Development Team

Members

Gagan Gupta, Reader, DESM, NCERT, New Delhi

R. Joshi, Lecturer (S.G), DESM, NCERT, New Delhi

S.K. Dash, Reader, DESM, NCERT, New Delhi

V.P. Srivastava, Reader, DESM, NCERT, New Delhi

Member-coordinators

B.K. Sharma, Professor, DESM, NCERT, New Delhi

Shashi Prabha, Senior Lecturer, DESM, NCERT, New Delhi

ACKNOWLEDGEMENT

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) acknowledges the valuable contributions of the individuals and the organisations involved in the development of Laboratory Manual of Physics for Class XII. The council also acknowledges the valuable contributions of the following academics for reviewing, refining and editing the manuscript of this manual : A.K. Das, *PGT*, St. Xavier's Senior Secondary School, Raj Niwas Marg, New Delhi; A.K. Ghatak, *Professor* (Retired), IIT, New Delhi; A.W. Joshi, *Hon. Visiting Scientist,* NCRA Pune; Anil Kumar, *Principal,* R.P.V.V., BT-Block, Shalimar Bagh, New Delhi; Anuradha Mathur, *PGT*, Modern School Vasant Vihar, New Delhi; Bharthi Kukkal, *PGT*, Kendriya Vidayalaya, Pushp Vihar, New Delhi; C.B. Verma, *Principal (Retired),* D.C. Arya Senior Secondary School, Lodhi Road, New Delhi; Chitra Goel, *PGT*, R.P.V.V., Tyagraj Nagar, New Delhi; Daljeet Kaur Bhandari, *Vice Principal*, G.H.P.S., Vasant Vihar, New Delhi; Girija Shankar, *PGT*, RPVV, Surajmal Vihar, New Delhi; H.C. Jain, *Principal (Retired)*, Regional Institute of Education (NCERT), Ajmer; K.S. Upadhyay, *Principal*, Jawahar Navodaya Vidyalaya, Farrukhabad, U.P.; M.N. Bapat, *Professor,* Regional Institute of Education (NCERT), Bhopal; Maneesha Pachori, *Reader,* Maharaja Agrasen College, University of Delhi, New Delhi; P.C. Agarwal, *Reader*, Regional Institute of Education (NCERT), Ajmer; P.C. Jain, *Professor (Retired)*, University of Delhi, New Delhi; P.K. Chadha, *Principal*, St. Soldier Public School, Paschim Vihar, New Delhi; Pragya Nopany *PGT*, Birla Vidya Niketan, Pushp Vihar-IV, New Delhi; Pushpa Tyagi, *PGT,* Sanskriti School, Chanakyapuri, New Delhi; R.P. Sharma, *Education Officer (Science)*, *CBSE,* New Delhi; R.S. Dass, *Vice Principal (Retired)*, Balwant Ray Mehta Vidya Bhawan, Lajpat Nagar, New Delhi; Rabinder Nath Kakarya, *PGT,* Darbari Lal DAVMS, Pitampura, New Delhi; Rachna Garg, *Senior Lecturer*, CIET, NCERT; Rajesh Kumar, *Principal,* District Institute of Educational Research and Training, Pitampura, New Delhi; Rajeshwari Prasad Mathur, *Professor,* Aligarh Muslim University, Aligarh; Rakesh Bhardwaj, *PGT*, Maharaja Agrasen Model School, CD-Block, Pitampura, New Delhi; Ramneek Kapoor, *PGT*, Jaspal Kaur Public School, Shalimar Bagh, New Delhi; Rashmi Bargoti, *PGT,* S.L.S. D.A.V. Public School, Mausam Vihar, New Delhi; S.N. Prabhakara, *PGT*, Demonstration School, Mysore; S.R. Choudhury, *Raja Ramanna Fellow*, Centre for Theoretical Physics, Jamia Millia Islamia, New Delhi; S.S. Islam, *Professor,* Jamia Millia Islamia, New Delhi; Sher Singh, *PGT*, Navyug School, Lodhi Road, New Delhi; Shirish R. Pathare, *Scientific Officer*; Homi Bhabha Centre for Science Education (TIFR), Mumbai; Subhash Chandra Samanta, *Reader (Retired)*, Midnapur College, Midnapur (W.B.); Sucharita Basu Kasturi, *PGT*, Sardar Patel Vidyalaya, New Delhi;

Surajit Chakrabarti, *Reader*, Maharaja Manindra Chandra College, Kolkata; Suresh Kumar, *PGT*, Delhi Public School, Dwarka, New Delhi; V.K. Gautam, *Education Officer*, Kendriya Vidayalaya Sangthan, (Science), Shaheed Jeet Singh Marg, New Delhi; Ved Ratna, *Professor (Retired)*, DESM, NCERT, New Delhi; Vijay H. Raybagkar, *Reader*, N. Wadia College, Pune; Vishwajeet D. Kulkarni, *Teacher Grade I,* Smt. Parvatibai Chowgule College, Margo, Goa; Y.K. Vijay, *Professor,* CDPE University of Rajasthan, Jaipur, Rajasthan; Yashu Kumar, *PGT*, Kulachi Hansraj Model School, New Delhi. We are thankful to all of them. Special thanks are due to Hukum Singh, *Professor and Head*, DESM, NCERT for providing all academic and administrative support.

The Council also acknowledges the support provided by the APC Office and administrative staff of DESM, Deepak Kapoor, *Incharge*, Computer Station; Bipin Srivastva, Rohit Verma and Mohammad Jabir Hussain, *DTP Operators* for typing the manuscript, preparing CRC and refining and drawing some of the illustrations; K. T. Chitralekha, *Copy Editor*; Abhimanu Mohanty, *Proof Reader*. The efforts of the Publication Department are also highly appreciated.

CONSTITUTION OF INDIA

Part III (Articles 12 – 35)

(Subject to certain conditions, some exceptions and reasonable restrictions)

guarantees these

Fundamental Rights

Right to Equality

- before law and equal protection of laws;
- irrespective of religion, race, caste, sex or place of birth;
- of opportunity in public employment;
- by abolition of untouchability and titles.

Right to Freedom

- of expression, assembly, association, movement, residence and profession;
- of certain protections in respect of conviction for offences;
- of protection of life and personal liberty;
- of free and compulsory education for children between the age of six and fourteen years;
- of protection against arrest and detention in certain cases.

Right against Exploitation

- for prohibition of traffic in human beings and forced labour;
- for prohibition of employment of children in hazardous jobs.

Right to Freedom of Religion

- freedom of conscience and free profession, practice and propagation of religion;
- freedom to manage religious affairs;
- freedom as to payment of taxes for promotion of any particular religion;
- freedom as to attendance at religious instruction or religious worship in educational institutions wholly maintained by the State.

Cultural and Educational Rights

- for protection of interests of minorities to conserve their language, script and culture;
- for minorities to establish and administer educational institutions of their choice.

Right to Constitutional Remedies

- by issuance of directions or orders or writs by the Supreme Court and High Courts for enforcement of these Fundamental Rights.

અનુક્રમણિકા

FOREWORD *iii*

PREFACE *v*

I : ભૌતિકવિજ્ઞાન પ્રાયોગિક કાર્યનાં મુખ્ય કૌશલ્યોનો પરિચય

I.1.1 પરિચય 1

I.1.2 પ્રાયોગિક કાર્યના હેતુઓ 2

I.1.3 પ્રયોગશાળા કાર્યના વિશિષ્ટ હેતુઓ 4

I.1.4 પ્રાયોગિક ત્રુટિઓ 5

I.1.5 લઘુગણક 11

I.1.6 પ્રાકૃતિક સાઇન / કોસાઇન કોષ્ટક 14

I.1.7 આલેખ દોરવા 15

I.1.8 પ્રયોગ કરવા માટેની સામાન્ય સૂચનાઓ 19

I.1.9 પ્રયોગ દરમિયાન અવલોકનો નોંધવા માટેની સામાન્ય સૂચનાઓ 20

પ્રયોગો

E1 વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત વિરુદ્ધ વિદ્યુતપ્રવાહનો આલેખ દોરી આપેલા તાર માટે એકમ લંબાઈ દીઠ અવરોધ નક્કી કરવો. 23

E2 મીટરબ્રિજનો ઉપયોગ કરીને આપેલા તારનો અવરોધ નક્કી કરવો અને તે પરથી તારના દ્રવ્યની અવરોધકતા નક્કી કરવી. 28

E3 મીટરબ્રિજનો ઉપયોગ કરી અવરોધના સંયોજનો(શ્રેણી અને સમાંતર)ના નિયમો ચકાસવા. 36

E4 પોટેન્શિયોમીટરનો ઉપયોગ કરી આપેલા બે પ્રાથમિક કોષ (ડેનિયલ અને લેકલાન્સે કોષ)ના વિદ્યુત ચાલક બળ(emf) સરખાવો. 42

E5 પોટેન્શિયોમીટરનો ઉપયોગ કરી આપેલા પ્રાથમિક કોષનો આંતરિક અવરોધ નક્કી કરવો. 49

E6 અર્ધ આવર્તનની રીતથી ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ નક્કી કરવો અને તેની ફિગર ઑફ મેરિટ શોધવી. 53

E7 આપેલા ગૅલ્વેનોમીટર (અવરોધ અને ફિગર ઑફ મેરિટ જ્ઞાત હોય તેવા)ને (i) ઇચ્છિત અવધિ (0 થી 30 mA) ધરાવતા એમીટર અને (ii) ઇચ્છિત અવધિ (0 થી 3V) ધરાવતા વોલ્ટમીટરમાં રૂપાંતર કરો અને તેની ચકાસણી કરવી. 59

E8 સોનોમીટર અને વિદ્યુતચુંબકનો ઉપયોગ કરી પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ (ઊલટસૂલટ પ્રવાહ-ac)ની આવૃત્તિ નક્કી કરો. 65

E9 અંતર્ગોળ અરીસાના કિસ્સામાં u નાં જુદાં-જુદાં મૂલ્યો માટે v નાં મૂલ્યો શોધવા અને કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી. 69

E10 બહિર્ગોળ લેન્સ માટે u અને v અથવા $1/u$ અને $1/v$ વચ્ચેના આલેખ દોરી કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી. 77

E11 બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી. 86

E12 બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી. 92

E13 આપેલ કાચના પ્રિઝમ માટે આપાતકોણ અને વિચલનકોણ વચ્ચેનો આલેખ દોરી, લઘુત્તમ વિચલનકોણ નક્કી કરવો 99

E14 ચલ સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર (ટ્રાવેલિંગ માઇક્રોસ્કૉપ)નો ઉપયોગ કરી કાચના સ્લેબ (ચોસલા)નો વક્રીભવનાંક શોધવો. 105

E15 (i) અંતર્ગોળ અરીસા (ii) બહિર્ગોળ લેન્સ અને સમતલ અરીસાનો ઉપયોગ કરી આપેલા પ્રવાહી (પાણી)નો વક્રીભવનાંક નક્કી કરવો. 110

E16 p-n જંકશનની ફોરવર્ડ બાયસ અને રિવર્સ બાયસની સ્થિતિમાં I - V ની લાક્ષણિકતા દર્શાવતા વક્રો દોરવા. 120

E17 ઝેનર ડાયોડ માટે લાક્ષણિક વક્ર દોરવા અને તેનો રિવર્સ બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ નક્કી કરવો. 125

E18 કૉમન ઍમિટર n-p-n (અથવા p-n-p) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની લાક્ષણિકતાનો અભ્યાસ કરવો તથા વોલ્ટેજ અને પ્રવાહ લબ્ધિ (ગેઇન)ના મૂલ્યો શોધવા. 130

પ્રવૃત્તિઓ

A1 આપેલા વિદ્યુત-પરિપથના ઘટકોનું જોડાણ કરવું. 139

A2 આપેલા ખુલ્લા પરિપથની આકૃતિ દોરવી, કે જેમાં ઓછામાં ઓછી એક બૅટરી, અવરોધ / રીઓસ્ટેટ, કળ, એમીટર અને વોલ્ટમીટરનો સમાવેશ થાય. બરાબર ક્રમમાં ન જોડ્યા હોય તે ઘટકોની નોંધ કરી, પરિપથ અને આકૃતિને સુધારો. 141

A3 લોખંડના ગર્ભ સહિત તથા રહિત ઇન્ડક્ટરના અવરોધ અને ઇમ્પિડન્સનું માપન કરવું. 145

A4 મલ્ટિમીટરનો ઉપયોગ કરીને આપેલા પરિપથ માટે અવરોધ, વોલ્ટેજ (dc/ac), પ્રવાહ (dc)નું માપન કરવું અને આપેલા પરિપથની સતતતા (સાતત્યતા) ચકાસવી. 150

A5 ત્રણ બલ્બ, ત્રણ સ્વિચ (On/Off), ફ્યુઝ અને પાવર સપ્લાયનો ઉપયોગ કરી ઘર-વપરાશ માટેનો પરિપથ બનાવવો. 157

A6 સ્થિત પ્રવાહ માટે તારની લંબાઈ સાથે પોટૅન્શિયલ (સ્થિતિમાન) ડ્રોપમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરવો. 159

A7 LDR (Light Dependent Resistor - પ્રકાશ આધારિત અવરોધ) પર પ્રકાશની તીવ્રતાની અસરનો અભ્યાસ ઉદ્‌ગમનાં અંતરો બદલીને કરવો. 164

A8 ડાયોડ, LED, ટ્રાન્ઝિસ્ટર, IC, અવરોધ અને કેપેસીટરને આ પ્રકારની વસ્તુઓના ભેગા કરેલા સમૂહમાંથી ઓળખવા. 167

A9 મલ્ટિમીટરની મદદથી - 174
(A) ડાયોડ કાર્યરત અવસ્થામાં છે કે નહિ તે ચકાસવું અને ડાયોડના એકદિશ પ્રવાહના વહનને ચકાસવું.
(B) ટ્રાન્ઝિસ્ટરના ઍમિટર, બેઝ અને કલેક્ટરને ઓળખવા.

(C) p - n - p અને n - p - n
ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો ભેદ પારખવો અને ટ્રાન્ઝિસ્ટર કાર્યરત છે કે નહિ તે ચકાસવું.

A10 કાચના સ્લેબ પર ત્રાંસા આપાત થતા પ્રકાશના કિરણપુંજનું વક્રીભવન અને પાર્શ્વિક (રેખીય, Lateral) વિચલનનું અવલોકન કરવું. 182

A11 બે પોલરોઇડની મદદથી પ્રકાશના ધ્રુવીભવન (Polarisation)નું અવલોકન કરવું. 186

A12 પાતળી સ્લિટ વડે પ્રકાશના વિવર્તનનું અવલોકન કરવું. 190

A13 મીણબત્તી અને પડદાનો ઉપયોગ કરી (i) બહિર્ગોળ લેન્સ અને (ii) અંતર્ગોળ અરીસા વડે પડદા પર મળતા પ્રતિબિંબના પ્રકાર અને પરિમાણનો અભ્યાસ (લેન્સ / અરીસાથી મીણબત્તીના જુદાં-જુદાં અંતરો માટે) કરવો. 192

A14 લેન્સના આપેલા સમુહમાંથી બે લેન્સનો ઉપયોગ કરી દર્શાવેલ (યોગ્ય) કેન્દ્રલંબાઈવાળું લેન્સનું સંયોજન મેળવવું. 203

પરિયોજનાઓ

P1 વિવર્તનનો ઉપયોગ કરી લેસર (LASER) કિરણપુંજ (Beam)ની તરંગલંબાઈ નક્કી કરવી. 207

P2 કોષનો આંતરિક અવરોધ જે પરિબળો પર આધારિત છે તેનો અભ્યાસ કરવો. 211

P3 ટાઈમ સ્વિચ (Time Switch) બનાવવી અને તેનો સમય-અચળાંક જુદાં-જુદાં પરિબળો પર કેવી રીતે આધારિત છે તેનો અભ્યાસ કરવો. 217

P4 ફોટો ટ્રાન્ઝિસ્ટર (Photo Transistor)ના ઉપયોગથી વિવિધ ઉદ્‌ગમો વડે ઉત્સર્જાતા પારરક્ત (Infrared) વિકિરણોનો અભ્યાસ કરવો. 220

P5 લૉજિક ગેટ્સના યોગ્ય સંયોજનનો ઉપયોગ કરી સ્વયંસંચાલિત ટ્રાફિક સિગ્નલ-વ્યવસ્થાની રચના કરવી. 223

P6 જુદાં-જુદાં પાવર અને બનાવટવાળા વિવિધ વિદ્યુત-ગોળાની જ્યોતિર્મયતા (Luminosity) નો અભ્યાસ કરવો. 227

P7 (i) કેપેસીટર (ii) ઈન્ડક્ટર (iii) LCR શ્રેણી-પરિપથના આવૃત્તિ પ્રતિચાર (Frequency Response)નો અભ્યાસ કરવો. 233

નિદર્શનો

D1 વિદ્યુતભાર બે પ્રકારના હોય છે તથા સમાન (સજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે અને અસમાન (વિજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને આકર્ષે છે તેનું નિદર્શન કરવું. 242

D2 ઈલેક્ટ્રોસ્ટેટિક શિલ્ડિંગ (Electrostatic Shielding)નું નિદર્શન કરવું. 244

D3 (i) અમુક વિદ્યુતપ્રવાહના વહનથી ઓગળી જતા ધાતુના કામચલાઉ ફ્યુઝ (Fuse)નો ઉપયોગ અને (ii) રોજિંદી જિંદગીમાં ઉપયોગમાં લેવાતા વિવિધ પ્રકારના ફ્યુઝનું નિદર્શન કરવું. 246

D4 નિસ્યંદિત પાણી વધારે અવરોધ આપે છે અને તેમાં સોડિયમ ક્લોરાઇડ (Sodium Chloride) ભેળવવાથી અવરોધ ઘટે છે તેમ નિદર્શન કરવું. 248

D5 લેડ સંગ્રાહક કોષ (Lead Accumalator)ના કાર્યનું નિદર્શન કરવું. 250

D6 વિદ્યુતપ્રવાહ માપક સાધનને નિશ્ચિત અશૂન્ય (non-zero) અવરોધ હોય છે તેનું નિદર્શન કરવું. 253

D7 વોલ્ટેજમાપક સાધનનો અવરોધ અનંત નથી (non-infinite) તેનું નિદર્શન કરવું. 254

D8 લોખંડની ભૂકીની મદદથી ચુંબકીયક્ષેત્ર રેખાઓનું નિદર્શન કરવું. 256

D9 ગજિયા ચુંબકની આસપાસના વિસ્તારમાં વિવિધ પદાર્થો લાવી ચુંબકીયક્ષેત્રની ગોઠવણી (pattern) પર ઉદ્ભવતી અસરનો અભ્યાસ કરવો. 257

D10 પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રને ઊર્ધ્વ અને સમક્ષિતિજ બંને ઘટકો હોય છે તેમ દર્શાવવું. 259

D11 પ્રવાહધારિત બે સુવાહકોમાં વિરુદ્ધ / સમાન દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહના વહનને લીધે તેમની વચ્ચે લાગતાં અપાકર્ષણ / આકર્ષણ બળનું નિદર્શન કરવું. 261

D12 (i) કોઈ ચુંબકને ગૂંચળા તરફ અને દૂર લઈ જતા હોય ત્યારે અને (ii) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત ગૂંચળાને એક સમાન બીજા આપેલ ગૂંચળાની તરફ અને દૂર લઈ જતાં હોય ત્યારે, તે ગૂંચળામાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુત ચાલક બળનું નિદર્શન કરવું. 264

D13 ઇન્ડક્ટિવ પરિપથમાં ડાયરેક્ટ પ્રવાહ (એકદિશીય પ્રવાહ) (dc) ને જ્યારે સ્વિચ ઑફ કરીએ ત્યારે ઊંચા મૂલ્યનું વિદ્યુતચાલક બળ ઉદ્ભવે છે તેમ નિદર્શન કરવું. 267

D14 (i) સ્ટીલના એક સળિયા પર પ્રાઈમરી અને સેકન્ડરીને વીંટાળી ટ્રાન્સફોર્મરના સિદ્ધાંત અને (ii) લેમિનેટેડ કોર (Laminated Core)નો ઉપયોગ કરીને એડી પ્રવાહોને દૂર કરવાનું નિદર્શન કરવું. 269

પરિશિષ્ટ

A_x1 સાદુ ઇલેક્ટ્રોસ્કૉપ બનાવવું અને પદાર્થ પરના વિદ્યુતભારને પારખવા માટે તેનો ઉપયોગ કરવો 272

A_x2 ધાતુના તારમાં 'ઇલેક્ટ્રૉન ડ્રિફ્ટ'નું યાંત્રિક મૉડેલ બનાવવા માટેનું માર્ગદર્શન 273

A_x3 અવરોધકો અને તેનાં મૂલ્યો દર્શાવતા વર્ણસંકેતો (Colour Codes) 275

A_x4 ખુલ્લા પ્રકારનું કામચલાઉ ફ્યુઝ હૉલ્ડર 277

A_x5 પ્રવાહના સ્રોત તરીકે માત્ર બે સૂકા કોષ વાપરી સુરેખ વાહક વડે ઉત્પન્ન થતા ચુંબકીયક્ષેત્રના અભ્યાસ માટે ચોરસ ગૂંચળું બનાવવું 278

A_x6 ચુંબકીયક્ષેત્રના અભ્યાસ માટે સોલેનોઇડ બનાવવું 280

A_x7 રેઝર બ્લેડની જાડાઈ જેટલી એક સમાન પહોળાઈ ધરાવતી પાતળી સ્લિટ બનાવવી 282

A_x8 યંગના પ્રયોગ માટે સાદી બેવડી (Double) સ્લિટ બનાવવી 283

A_x9 પરમાણ્વીય ન્યુક્લિયસો માટે α-કણના પ્રકીર્ણનનું યાંત્રિક એકરૂપકરણ 284

ડેટા વિભાગ : 287-304

ભૌતિકવિજ્ઞાનના પ્રાયોગિક કાર્યનાં મહત્ત્વનાં કૌશલ્યોનો પરિચય

I 1.1 પરિચય

શાળાકીય અભ્યાસમાં ઉચ્ચતર માધ્યમિક વિભાગ એ ખૂબ જ નિર્ણાયક અને પડકારરૂપ તબક્કો છે, કારણ કે આ તબક્કે સામાન્ય રીતે અવિભાજિત અભ્યાસક્રમ શાખા આધારિત વિષયવસ્તુ ક્ષેત્ર અભિગમ્યમાં રૂપાંતરિત થાય છે. આ તબક્કે વિદ્યાર્થીઓ ભૌતિકશાસ્ત્રને એક શાખા તરીકે, ભવિષ્યની કારકિર્દીના ઉજ્જવળ હેતુ સાથે મૂળભૂત વિજ્ઞાન અથવા વિજ્ઞાન આધારિત વ્યવસાયિક અભ્યાસક્રમો જેવા કે ઍન્જિનિયરિંગ, મેડિકલ, ઇન્ફોર્મેશન ટેક્નોલૉજી વગેરે તરીકે લે છે.

ભૌતિકવિજ્ઞાન દ્રવ્ય અને ઊર્જા સાથે જોડાયેલા નિર્જીવ અને સજીવ વિશ્વના અભ્યાસ સાથે સંકળાયેલ છે. જોકે વિજ્ઞાનની બધી જ શાખાઓમાં પ્રાયોગિક કાર્ય જરૂરી છે. પ્રયોગશાળામાં નિયંત્રિત પ્રયોગો એ ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં પાયાનું મહત્ત્વ ધરાવે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં પ્રયોગશાળામાં પ્રયોગ કરવાનો પાયાનો હેતુ, સામાન્યતઃ સિદ્ધાંતો, નિયમો અને અધિતર્ક સાથે સંકળાયેલ ભૌતિક ઘટનાઓ ચકાસવી અને તેની સત્યાર્થતા મેળવવી છે. ફક્ત આટલું કરવાથી અધ્યેતા પોતે સ્વતંત્ર વિચારસરણીવાળા કે સંશોધન કરી શકે તેવા બની જતા નથી. આ બાબતે પ્રાયોગિક કાર્ય એ ખૂબ જ જરૂરી અને જુદા જુદા રસ્તે પ્રેરણારૂપ બને છે. અહીં માત્ર પ્રયોગ જ કરવાનો નથી; પરંતુ પ્રયોગ કરવાની સાથે સંકળાયેલ અન્ય પાસાંઓનાં સંશોધનનો પણ સમાવેશ થાય છે. ઘણી પ્રવૃત્તિઓ અને પ્રૉજેક્ટ-કાર્ય વિદ્યાર્થીઓના પ્રયોગને લગતા સંશોધનથી થયેલ પ્રથમદર્શી અનુભવો વધારે સુદૃઢ બને છે. તેમ છતાં, વિદ્યાર્થીઓ પ્રાયોગિક કાર્યનું ઉચ્ચતર માધ્યમિક તબક્કે વાતાવરણમાંથી મેળવેલ સૈદ્ધાંતિક જ્ઞાન સાથે સંકલન કરવા સક્ષમ બને છે.

વિજ્ઞાનનો ઇતિહાસ તપાસતાં માલૂમ પડે છે કે, ઘણીખરી મહત્ત્વની શોધો પ્રયોગ કરતાં હોય તે દરમિયાન થયેલ છે. ભૌતકવિજ્ઞાનના વિકાસમાં, ઘટનાના સૈદ્ધાંતિક અર્થઘટન જેટલું જ અગત્ય પ્રાયોગિક કાર્યનું છે. કોઈ વ્યક્તિ દ્વારા પોતાની જાતે પ્રયોગશાળામાં પ્રયોગ કરવાથી તેનામાં જ્ઞાન પેદા કરવાની પ્રક્રિયામાં સીધો સંકળાયેલ હોવાની અનુભૂતિ મેળવે છે. પ્રયોગશાળામાં જાતે પ્રયોગ કરવાથી અને મેળવેલ માહિતીનું વિશ્લેષણ કરવાથી તેનામાં વૈજ્ઞાનિક અભિગમ, તાર્કિક વિચારસરણી, તર્કસંગત દૃષ્ટિકોણ, આત્મવિશ્વાસની સમજ, છૂટું પાડવાની ક્ષમતા, વૈકલ્પિક સહકારનો અભિગમ, ધીરજ, ખંત, સ્વયં જવાબદારી જેવા ગુણોનો વિકાસ થાય છે. પ્રયોગ કરવાથી ગોઠવણ કરવાની, અવલોકન કરવાની અને અહેવાલ લખવાનાં કૌશલ્યોનો પણ વિકાસ થાય છે.

નેશનલ ક્યુરિકુલમ ફ્રેમ વર્ક (NCF-2005) તથા માધ્યમિક અને ઉચ્ચતર માધ્યમિક કક્ષાએ અભ્યાસક્રમ (NCERT-2006)માં શીખવવા-શીખવાની પ્રક્રિયા સંકલનમાં પ્રાયોગિક કાર્યને ખૂબ જ મહત્ત્વ આપેલ છે.

NCERT એ નવા અભ્યાસક્રમ પર આધારિત ભૌતિકવિજ્ઞાન ધોરણ - 12 માટે પાઠ્યપુસ્તક પ્રકાશિત કરેલ છે. તેના પૂરકમાં વિભાવનાઓને સમજવા. ભૌતિકવિજ્ઞાન પ્રયોગશાળામાં તેનું સંકલન કરવા તથા ભૌતિકવિજ્ઞાનના અભ્યાસક્રમમાં આવતી વિષયવસ્તુ માટે આ પ્રાયોગિક પુસ્તક વિકસાવવામાં આવ્યું છે. પ્રાયોગિક ભૌતિકવિજ્ઞાન પુસ્તકનો મુખ્ય આશય વિદ્યાર્થીઓને 'પ્રક્રિયા અભિગમિત દેખાવ'માં (ઉત્પાદિત અથવા પરિણામ અભિગમિત દેખાવથી ઊલટું) ગોઠવવા તથા શાળાકીય કાર્યમાં પ્રયોગ પ્રત્યે પ્રોત્સાહિત કરવાનો છે. શાળાના પ્રાયોગિક કાર્ય દરમિયાન રહેલાં ભયસ્થાનોને સમજવા માટે આ પ્રાયોગિક પુસ્તક મદદરૂપ અને મૂલ્યવાન સાબિત થશે તેવી આશા રાખવામાં આવે છે.

I 1.2 પ્રાયોગિક કાર્યના હેતુઓ

ભૌતિકવિજ્ઞાન કુદરતી ઘટનાઓને સમજવા સાથે સંકળાયેલ છે અને આ ઘટનાઓની સમજણનો ઉપયોગ ટેક્નોલૉજી અને સમાજની પ્રગતિ માટે કરવામાં આવે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાન પ્રાયોગિક કાર્ય **'કંઈક કરીને શીખવાની'** ઉક્તિને સાંકળે (સમાવિષ્ટ) છે. તે વિભાવનાને સ્પષ્ટ કરે છે અને તપાસના બીજ રોપે છે.

પ્રયોગ અથવા પ્રવૃત્તિ દરમિયાન કાળજીપૂર્વક અને તબક્કાવાર અવલોકનોની શ્રેણી વ્યક્તિગત અથવા નાના જૂથ (group) અથવા સંયુક્ત સંશોધન શીખવાની સગવડતા પૂરી પાડે છે.

પ્રાયોગિક ભૌતિકવિજ્ઞાનના અભ્યાસક્રમથી વિદ્યાર્થી મૂળભૂત નિયમો અને સિદ્ધાંતો આધારિત પ્રયોગ કરવા અને જુદાં જુદાં માપનનાં સાધનોના ઉપયોગથી અનુભવ મેળવવા સક્ષમ બને છે. પ્રાયોગિક કાર્ય શીખવાના મૂળભૂત કૌશલ્યનો વિકાસ કરે છે. ભૌતિકવિજ્ઞાનના પ્રાયોગિક કાર્યથી વિકાસ પામતા મુખ્ય કૌશલ્યોની નીચે ચર્ચા કરેલ છે :

I 1.2.1 ગોઠવણ (પ્રાયોગિક સાધનો) કૌશલ્યો

જો અધ્યેતા (શીખનાર) નીચે જણાવેલ બાબતો ધ્યાનમાં લેશે તો તેનામાં પ્રાયોગિક કાર્યમાં **ગોઠવણ-કૌશલ્ય**નો વિકાસ થશે :

(i) સૈદ્ધાંતિક અને પ્રયોગના હેતુઓ વચ્ચેનો સંબંધ સમજે.

(ii) પ્રયોગ કરવાની પદ્ધતિ વિશે ખ્યાલ બાંધે.

(iii) સાધનોની યોગ્ય ક્રમમાં ગોઠવણ કરે.

(iv) સાધનો, સામગ્રી, યંત્ર વગેરેની કાર્યપદ્ધતિ અને સિદ્ધાંતની યોગ્યતા ચકાસે.

(v) માપનના સાધનની મર્યાદા જાણે અને તેનું લઘુત્તમ માપ, ત્રુટિ વગેરે શોધે.

(vi) સાધન કે તેને વ્યક્તિગત નુકસાન નિવારવા કાળજીપૂર્વક અને ધ્યાનપૂર્વક સાધનનો ઉપયોગ કરે.

(vii) પદ્ધતિસર પ્રયોગ કરે.

(viii) ચોકસાઈપૂર્વક અવલોકન કરે અને નોંધે.

(ix) સૂત્રમાં યોગ્ય માહિતી મૂકે અને યોગ્ય SI એકમો ધ્યાનમાં રાખે.

(x) પરિણામની ચોકસાઈથી ગણતરી કરે અને તેની યોગ્ય સાર્થક અંક સહિતની રજૂઆત કરે અને સાધનની ચોકસાઈના અંશ નક્કી કરે.

(xi) પરિણામનું અર્થઘટન કરે, સિદ્ધાંતને ચકાસે અને તારણ લખે અને

(xii) યોગ્ય સાધન, તંત્ર, યંત્ર, દ્રવ્યની જરૂરી પસંદગી કરીને સાદા સાધનોમાં સુધારો કરી વધુ સંશોધન માટેના સાધનની રચના કરવી.

I 1.2.2 અવલોકનકીય કૌશલ્ય

જો અધ્યેતા (શીખનાર) નીચે જણાવેલ બાબતો ધ્યાનમાં લેશે તો તેનામાં પ્રાયોગિક કાર્યના **અવલોકનકીય કૌશલ્ય**નો વિકાસ થશે.

(i) સાધન વિશે વાંચે અને લઘુત્તમ માપને ધ્યાનમાં રાખીને ભૌતિકરાશિનું માપન કરે.

(ii) અવલોકન નોંધતી વખતે સાચો ક્રમબદ્ધ અનુસરે.

(iii) પદ્ધતિસર શૈલીથી સાવચેતીપૂર્વક અવલોકન નોંધે.

(iv) દરેક અવલોકન સ્વતંત્ર રીતે વધારે વખત પુનરાવર્તિત કરવાથી અવલોકનમાં આવતી અમુક ત્રુટિ ઘટાડી શકાય છે.

I 1.2.3 રેખાંકન-કૌશલ્ય

જો અધ્યેતા (શીખનાર) નીચે જણાવેલ બાબતો ધ્યાનમાં લેશે તો તેનામાં **રેખાંકન-કૌશલ્ય**નો વિકાસ થશે

(i) પ્રયોગના સાધનનું પ્રમાણસર રેખાચિત્ર બનાવે.

(ii) તીર(કિરણ) સાથેનું સાચું રેખાચિત્ર, સાચો વિદ્યુત-પરિપથ નામનિર્દેશન સાથે દોરે.

(iii) બળ, તણાવ, વિદ્યુતપ્રવાહ, પ્રકાશના કિરણની દિશા યોગ્ય રેખા અને તીર દ્વારા દર્શાવે અને

(iv) યોગ્ય પ્રમાણમાપની પસંદગી અને યોગ્ય પ્રમાણમાપનો ઉપયોગ કરી સાચો અને સ્પષ્ટ આલેખ દોરે.

I 1.2.4 અહેવાલ-કૌશલ્ય

જો અધ્યેતા (શીખનાર) નીચે જણાવેલ બાબતો ધ્યાનમાં લેશે તો તેનામાં **અહેવાલ-કૌશલ્ય**નો વિકાસ થશે

(i) પ્રયોગ માટેના હેતુ, સાધનો, ઉપયોગમાં લીધેલ સૂત્ર, સિદ્ધાંત, અવલોકન-કોઠો, ગણતરી અને પરિણામની યોગ્ય રજૂઆત કરે

(ii) નામ નિર્દેશનવાળી રેખાકૃતિમાં ઘટકોની યોગ્ય સંજ્ઞા સહિત રજૂઆત કરે

(iii) જરૂર જણાય ત્યાં અવલોકનોની પદ્ધતિસર અને યોગ્ય એકમ સહિત અવલોકન કોઠામાં નોંધ કરે

(iv) કિરણ પ્રકાશશાસ્ત્રના પ્રયોગમાં માપનની નોંધ વખતે યોગ્ય સંજ્ઞા પદ્ધતિને અનુસરે

(v) આપેલ પ્રયોગની ગણતરી/પરિણામની યોગ્ય સાર્થક અંક, યોગ્ય સંજ્ઞાઓ, એકમો, ચોકસાઈના પ્રમાણ સહિત રજૂઆત કરે

(vi) પરિણામમાં ત્રુટિની ગણતરી કરે

(vii) સાધનની મર્યાદાઓની રજૂઆત કરે

(viii) અધિતર્કનો સ્વીકાર કે અસ્વીકાર કરવામાં આવ્યો હોય તેનો સારાંશ દર્શાવે

(ix) નોંધેલ અવલોકનો, માહિતી અથવા દોરેલ આલેખનું યોગ્ય અર્થઘટન કરી તારણ મેળવે અને

(x) કરેલ કામગીરીમાં ભવિષ્યમાં સંશોધનના શોધનો અવકાશ દર્શાવે

તેમ છતાં, વધુ મહત્ત્વના એવા સર્જનાત્મકતાનો વિકાસ અને સંશોધનની કળા જેવા કૌશલ્યો ખીલે

I 1.3 પ્રાયોગિક કાર્યના વિશિષ્ટ હેતુઓ

પ્રાયોગિક કાર્યના વિશિષ્ટ હેતુઓ તરીકે પ્રક્રિયા અભિગમિત દેખાવ કૌશલ્ય અને ઉત્પાદિત અભિગમિત દેખાવ કૌશલ્ય વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

I 1.3.1 પ્રક્રિયા અભિગમિત દેખાવ કૌશલ્ય

અધ્યેતા (શીખનાર)માં પ્રાયોગિક કાર્યમાં પ્રક્રિયા અભિગમિત દેખાવ કૌશલ્યનો વિકાસ કરી શકાય, જો તે નીચેની બાબતો માટે સક્ષમ હોય.

(i) જો તે યોગ્ય યંત્રો, સાધનો, સામગ્રી, રસાયણોની પસંદગી કરે અને તેને યોગ્ય રીતે જાળવે.

(ii) સાધન સાથે યોગ્ય રીતે કામ કરે.

(iii) સાધનની ત્રુટિ અને તેની મર્યાદાઓને શોધે અને તેનું નિરાકરણ કરે.

(iv) પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લીધેલ સિદ્ધાંત/સૂત્ર લખે.

(v) અવલોકન લેવા માટે વ્યવસ્થિત આયોજન તૈયાર કરે.

(vi) જ્યાં જરૂર પડે ત્યાં સાધન/કિરણ રેખાકૃતિ/વિદ્યુત પરિપથની સ્વચ્છ અને નામનિર્દેશનવાળી આકૃતિ દોરે.

(vii) પ્રયોગ કરવા સાધનની યોગ્ય ગોઠવણી કરે.

(viii) સાધન, રસાયણો અને સામગ્રીનો કાળજીપૂર્વક ઉપયોગ કરે.

(ix) અવલોકનો પર અસર કરી શકે તેવા પરિબળોને ઓળખે અને તેની અસરોને ઘટાડવા માટે યોગ્ય માપનો કરે.

(x) ફાળવેલ સમયમાં યોગ્ય ઝડપ, ચોકસાઈ અને ચીવટતાપૂર્વક પ્રયોગ પૂર્ણ કરે.

(xi) મેળવેલ માહિતીને આલેખમાં રજૂ કરે અને યોગ્ય પ્રમાણમાપ પસંદ કરી યોગ્ય પ્રમાણમાપનો ઉપયોગ કરી આલેખ દોરે.

(xii) નોંધેલ માહિતી, અવલોકનો, ગણતરી અને દોરેલ આલેખના અર્થઘટન પરથી તારણ મેળવે.

(xiii) પ્રયોગ સાથે સંકળાયેલ સિદ્ધાંત, પદ્ધતિ અને પ્રયોગ દરમિયાન રાખવાની સાવચેતીઓનો યોગ્ય રીતે અહેવાલ કરે.

(xiv) સાધનોને અલગ કરીને તેની પુનઃગોઠવણ કરે.

(xv) પ્રયોગશાળાની કાર્યપદ્ધતિ માટેની પ્રમાણભૂત માર્ગદર્શિકાને અનુસરે.

I 1.3.2 ઉત્પાદક-અભિગમિત રજૂઆત કૌશલ્ય

અધ્યેતા (શીખનાર)માં પ્રાયોગિક કાર્યમાં ઉત્પાદક-અભિગમિત રજૂઆત કૌશલ્યનો વિકાસ કરી શકાય, જો તે નીચેની બાબતો માટે સક્ષમ હોય.

(i) પ્રયોગમાં વપરાયેલ સાધન અને સામગ્રીના જુદા જુદા ભાગને ઓળખે.

(ii) પ્રયોગની રૂપરેખા અનુસાર સાધનોને ગોઠવે.

(iii) અવલોકનો નોંધે અને પદ્ધતિસર માહિતીને નોંધે અને આલેખીય અથવા સાંખ્યિક વિશ્લેષણની સુવિધા પૂરી પાડે.

(iv) આલેખ, ગણતરી વગેરેનો ઉપયોગ કરીને અવલોકનોને પદ્ધતિસર રજૂ કરે અને નોંધેલ અવલોકનો પરથી અનુમાન તારવે.

(v) નોંધેલ અવલોકનોને વર્ગીકૃત કરી અને તેનું અર્થઘટન કરી પરિણામને અંતિમ સ્વરૂપ આપે અને

(vi) પ્રયોગના તારણ પર આધારિત અધિતર્ક સ્વીકારે કે અસ્વીકાર કરે.

I 1.4 પ્રાયોગિક ત્રુટિઓ

દરેક પ્રયોગનો અંતિમ ઉદ્દેશ પ્રત્યક્ષ કે પરોક્ષ રીતે કેટલીક ભૌતિકરાશિના મૂલ્યને માપવા માટેનો છે. ઘણી પ્રક્રિયાઓ માપનના મૂલ્યમાં કેટલીક અનિશ્ચિતતાઓ લાવે છે. **ત્રુટિ વિનાનું કોઈ માપન હોઈ શકે નહિ.** કેટલાક પ્રયોગો દ્વારા માપેલ ભૌતિકરાશિનું આ પ્રાયોગિક મૂલ્ય તેના પ્રમાણિત કે સાચા મૂલ્ય કરતાં કદાચ અલગ હોઈ શકે. ધારો કે કોઈ ભૌતિકરાશિનું પ્રાયોગિક અવલોકન કરેલ મૂલ્ય 'a' અને

તેનું સાચુ મૂલ્ય a_0 છે. તફાવત $(a - a_0) = e$ ને માપનમાં આવેલ ત્રુટિ કહે છે. સાચુ મૂલ્ય a_0 મોટાભાગે જાણીતું હોતું નથી અને આથી ત્રુટિ e નું નિરપેક્ષ મૂલ્ય જ્ઞાત કરવું શક્ય નથી તેમ છતાં e ના લગભગ મૂલ્યનો અંદાજ મેળવવો શક્ય છે. **ત્રુટિના અંદાજિત મૂલ્યને પ્રાયોગિક ત્રુટિ કહે છે.** માપનના સાધનનું લઘુત્તમ માપ અથવા લઘુત્તમ માપના ગાણિતિક સૂત્રમાં આવતા ચલને લીધે ત્રુટિ ઉદ્દભવે છે. પ્રયોગની ગુણવત્તાને આધારે પરિણામમાં આવતી પ્રાયોગિક અનિશ્ચિતતા નક્કી કરી શકાય છે. અનિશ્ચિતતાનું નાનું મૂલ્ય એ પ્રાયોગિક રીતે માપેલ મૂલ્યને સાચા મૂલ્યની નજીક લઈ જાય છે. **ચોકસાઈ એ પ્રાયોગિક મૂલ્યથી સાચા મૂલ્યની નજીકતાનું માપ દર્શાવે છે.** બીજી બાજુ, જો કોઈ ભૌતિકરાશિને એકના એક પ્રયોગમાં ફરી ફરીને પુનરાવર્તિત રીતે માપવામાં આવે તો, મેળવેલ મૂલ્યો એકબીજાથી અલગ હોઈ શકે. આ ફેલાવો અથવા પ્રાયોગિક માહિતીનો વિસ્તાર એ પ્રયોગ અથવા સાધનની ચોકસાઈનું માપ દર્શાવે છે. નાના વિસ્તારમાં પ્રાયોગિક મૂલ્યનો ફેલાવો એટલે વધારે ચોકસાઈ સાથેનો પ્રયોગ. **આમ, સાચાપણું અને ચોકસાઈ બે અલગ ખ્યાલ (વિભાવના) છે. સાચાપણું એ સાચા મૂલ્યની નજીકનું માપ જ્યારે ચોકસાઈ એ પ્રાયોગિક માહિતીના ફેલાવા (dispersion)નું માપ દર્શાવે છે.** એવું પણ શક્ય બની શકે કે ચોક્કસાઈથી મેળવેલ પ્રાયોગિક માહિતી કદાચ સાચી ન પણ હોય. (જો ત્યાં ઘણી બધી વ્યવસ્થિત ત્રુટિઓ હાજર હોય તો) મહત્તમ ફેલાવાનો લગભગ અંદાજ તે સાધનના લઘુત્તમ માપ સાથે જોડાયેલો છે.

પ્રાયોગિક ત્રુટિઓને બે પ્રકારમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય. (*a*) વ્યવસ્થિત (*b*) અવ્યવસ્થિત. વ્યવસ્થિત ત્રુટિઓ ઉદ્દભવવાના કારણો (i) ખામીયુક્ત સાધન (જેવી કે વર્નિયર કેલીપર્સની શૂન્ય ત્રુટિ) (ii) પ્રયોગ કરવાની ખોટી પદ્ધતિ અને (iii) પ્રયોગ કરનાર વ્યક્તિની વ્યક્તિગત ખામી. **વ્યવસ્થિત ત્રુટિઓ** એવી ત્રુટિઓ છે કે જેમાં સુધારો લાગુ પાડી શકાય છે અને સૈધ્ધાંતિક રીતે તેને દૂર કરી શકાય છે. કેટલીક સામાન્ય વ્યવસ્થિત ત્રુટિઓ. (i) માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂ અને વર્નિયર કેલીપર્સમાં શૂન્ય ત્રુટિ (ii) 'તીવ્ર નકારાત્મક' (backlash) ત્રુટિ. જ્યારે માઈક્રોસ્કોપના સ્ક્રૂને પ્રથમ એક દિશામાં અને પછી મૂળ દિશામાં ફેરવીને અવલોકન લેવામાં આવે ત્યારે નોંધેલ અવલોકન ખરેખર સ્ક્રૂના ફેરવવાથી મળતા અંતર કરતાં ઓછું હોય છે. આ ત્રુટિ નિવારવા સ્ક્રૂને એક જ દિશામાં ફેરવીને અવલોકન નોંધવામાં આવે. (iii) બેન્ચ ત્રુટિ અથવા ઈન્ડેક્સ સુધારાને પ્રકાશીય બેન્ચની માપપટ્ટી પર જ્યારે અંતર માપવામાં આવતો હોય ત્યારે પ્રકાશીય સાધનો વચ્ચે સાચું અંતર મળતું નથી. સાચું મૂલ્ય મેળવવા તેનાં તફાવતનો ઉમેરો કે બાદબાકી જરૂરી છે. (iv) જો સંબંધ સુરેખ હોય અને વ્યવસ્થિત ત્રુટિ અચળ રહેતી હોય, ઢાળ અચળ રહે તે રીતે સુરેખ આલેખ ખસે છે પરંતુ અંતઃખંડ વ્યવસ્થિત ત્રુટિયુક્ત બને છે.

કેટલાક પ્રયોગોના પરિણામોમાં વ્યવસ્થિત ત્રુટિ છે કે નહિ તે શોધવા માટે એક જ ભૌતિક રાશિ જુદી જુદી રીતથી માપવામાં આવે. જો એક જ ભૌતિકરાશિના મૂલ્ય બે જુદી જુદી રીતથી મેળવેલ હોય અને તેમાં ખૂબ મોટો તફાવત હોય, તો તેમાં વ્યવસ્થિત ત્રુટિ હોવાની સંભાવના છે. પ્રાયોગિક મૂલ્ય વ્યવસ્થિત

ત્રુટિના સુધારા પછી પણ ત્રુટિ ધરાવે છે. આવી વધેલી (બાકી રહેલી) ત્રુટિઓ કે જેમના ઉદ્દગમો છૂટાં પાડી શકાતા નથી તેમને **અવ્યવસ્થિત ત્રુટિ** કહે છે. અવ્યવસ્થિત ત્રુટિને નિવારી શકાતી નથી અને અવ્યવસ્થિત ત્રુટિનું ચોક્કસ મૂલ્ય મેળવવાની કોઈ રીત નથી. તેમ છતાં તેની માત્રા એક જ ભૌતિક રાશિનું એક જ પદ્ધતિથી વારંવાર અવલોકન લઈ કદાચ ઘટાડી શકાય છે અને માપેલ કિંમતોનું સરેરાશ મૂલ્ય લેવામાં આવે છે. (વધારે વિગત માટે Physics Textbook for Class-XI Part-I, Chapter-2 NCERT, 2006 જુઓ.)

પ્રયોગશાળામાં પ્રયોગ કરતી વખતે જુદા જુદા લઘુત્તમ માપવાળા જુદા જુદા સાધનોની મદદથી જુદી જુદી ભૌતિકરાશિઓનું માપન કરવામાં આવે છે. જે સાધન વડે માપન કરવામાં આવ્યું હોય, તેના લઘુત્તમ માપ કરતાં માપેલ મૂલ્યમાં ત્રુટિ વધારે ન હોય તેવું વાજબીપણે ધારી લેવામાં આવે છે. સાધન વડે સીધે સીધી મપાતી એવી સાદી રાશિમાં સામાન્ય રીતે સાધનના લઘુત્તમ માપને મહત્તમ ત્રુટિ તરીકે લેવામાં આવે છે. જો રાશિનું સાચુ મૂલ્ય A_0 હોય અને તેને a જેટલા લઘુત્તમ માપવાળા સાધન વડે માપતાં મળતું મૂલ્ય A હોય તો,

$$A = (A_0 \pm a)$$

$$= A_0 \left(1 \pm \frac{a}{A_0}\right)$$

$$= A_0 (1 \pm f_a)$$

જ્યાં f_a ને A ની મહત્તમ સાપેક્ષ (આંશિક) ત્રુટિ કહેવામાં આવે છે. તેવી જ રીતે, બીજી માપેલ રાશિ B માટે, આપણી પાસે

$$B = B_0 (1 \pm f_b)$$

હવે, કોઈ રાશિ, ધારો કે Z, નીચેના સૂત્ર દ્વારા A અને B ના માપેલ મૂલ્ય પરથી ગણતરી કરી શકાય તો,

$$Z = A \cdot B$$

હવે આપણે ગણતરી કરેલ Z ના મૂલ્યમાં ઉદ્ભવતી કુલ અનિશ્ચિતતા (અથવા મહત્તમ ત્રુટિ)ની ગણતરી કરીએ. આપણે લખી શકીએ કે,

$$Z = A \cdot B$$

$$= A_0 (1 \pm f_a) \cdot B_0 (1 \pm f_b)$$

$$= A_0 B_0 \ (1 \pm f_a \pm f_b \pm f_a f_b)$$

$= A_0B_0 [1 \pm (f_a \pm f_b)]$ [જો f_a અને f_b ઘણી નાની રાશિઓ હોય તો તેમનો ગુણાકાર

$f_a f_b$ અવગણી શકાય]

અથવા $Z \approx Z_0 (1 \pm f_z)$

જ્યાં Zનાં મૂલ્યમાં ઉદ્‌ભવતી આંશિકત્રુટિ f_zનું મહત્તમ મૂલ્ય $|f_a + f_b|$ જેટલું હોઈ શકે.

બીજી બાજુ, જો રાશિ Y નીચેની રીતે ગણી શકાય, તો

$$Y = \frac{A}{B} = \frac{A_0(1 \pm f_a)}{B_0(1 \pm f_b)}$$

$$= Y_0 \ (1 \pm f_a)(1 \pm f_b)^{-1} \qquad \left(\because Y_0 = \frac{A_0}{B_0}\right)$$

$$= Y_0 \ (1 \pm f_a) \ \left(1 \pm f_b + f_b^2\right)$$

$$= Y_0 \ (1 \pm f_a)(1 \pm f_b)$$

$$\sim Y_0 [1 \pm (f_a + f_b)]$$

અથવા $Y = Y_0 (1 \pm f_y)$ જ્યાં $f_y = f_a + f_b$,

જ્યાં Yની ગણતરીમાં મહત્તમ આંશિક અનિશ્ચિતતા f_y એ $|f_a + f_b|$ જ થશે. અહીં નોંધો કે મહત્તમ આંશિક અનિશ્ચિતતા હંમેશા ઉમેરાય છે.

વધારે વ્યાપક કિસ્સામાં, જો રાશિ P અન્ય રાશિઓ x, y, z વગેરે પરથી સૂત્ર $P = x^a y^b z^c$ પરથી ગણી શકાય તો P ની ગણતરીમાં આવતી મહત્તમ સાપેક્ષ ત્રુટિ f_P નીચેના સૂત્ર દ્વારા આપી શકાય.

$$f_P = |a| \ f_x + |b| \ f_y + |c| \ f_z$$

આ ઉપરથી જોઈ શકાય છે કે રાશિ P માં ઉદ્‌ભવતી એકંદર સાપેક્ષ ત્રુટિ f_Pનું મૂલ્ય માપેલી દરેક ભૌતિક રાશિની સાપેક્ષ ત્રુટિ f_x, f_y, f_z વગેરે તથા તેમની ઘાત a, b, c વગેરે પર પણ આધારિત છે. સૂત્રમાં જે ભૌતિક રાશિની ઘાત સૌથી વધારે હોય, તે ભૌતિકરાશિના માપનમાં સાપેક્ષ ત્રુટિ લઘુત્તમ હોવી જોઈએ. આથી તેનો ફાળો $|a| \ f_x + |b| \ f_y + |c| \ f_z$ અનુસાર એકંદર સાપેક્ષ ત્રુટિ f_P માં સમાનક્રમના મૂલ્યનો જળવાઈ રહે.

હવે આપણે રાશિમાં અંદાજિત અચોક્સાઈ (અથવા પ્રાયોગિક ત્રુટિ)ની ગણતરી કરીએ કે જેના સૂત્રમાં ઘણા ભૌતિક પ્રાચલોનું માપન કરેલ હોય તેનો સમાવેશ થતો હોય.

સ્થિતિસ્થાપકતા અંક, યંગ મૉડ્યુલસ Yનીચેના સૂત્ર દ્વારા ગણી શકાય.

$$Y = \frac{MgL^3}{4bd^3\,\delta}$$

જ્યાં M દ્રવ્યમાન, g ગુરુત્વપ્રવેગ, L એ લંબચોરસ આડછેદ ધરાવતા ધાતુના સળિયાની લંબાઈ કે જેની પહોળાઈ b અને જાડાઈ d છે અને δ એ સળિયામાં સમક્ષિતિજ દિશામાંથી વંકન (અથવા ઝોલ) કે જે બે છેડા પર આધાર પર ટેકવીને મધ્યમાન બિંદુ પર M દ્રવ્યમાન લટકાવતાં મળે છે. (આકૃતિ I 1.1)

હવે વાસ્તવિક પ્રયોગમાં દ્રવ્યમાન M લગભગ 1 kg લેવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે દ્રવ્યમાનમાં અચોકસાઈ 1 g કરતાં વધારે ન હોઈ શકે. તેનો અર્થ એ થાય કે દ્રવ્યમાન માપવા માટેના સામાન્ય તુલાનું લઘુત્તમ માપ 1 g છે. આથી, આંશિક ત્રુટિ f_M, $\frac{1\text{g}}{1\text{kg}}$ અથવા $f_M = 1 \times 10^{-3}$ છે.

ધારો કે ગુરુત્વપ્રવેગનું મૂલ્ય $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ છે અને તે કોઈ નોંધપાત્ર ત્રુટિ ધરાવતું નથી. આથી gમાં આંશિક ત્રુટિ ન હોય. એટલે કે $f_g = 0$, વધુમાં સળિયાની લંબાઈ L, ધારો કે 1 m લો અને તે 1 mm = 0.001 m નું લઘુત્તમ માપ ધરાવતી સામાન્ય માપપટ્ટીની મદદથી માપવામાં આવી છે. આથી લંબાઈ Lમાં આવતી આંશિક ત્રુટિ f_L,

$$f_L = \frac{0.001\,m}{1\,m} = 1 \times 10^{-3}$$

પછી સળિયાની પહોળાઈ b ધારો કે 5 cm છે. જે 0.01 cm લઘુત્તમ માપ ધરાવતા વર્નિયર કેલીપર્સની મદદથી માપવામાં આવે છે. તેથી, આંશિક ત્રુટિ f_b,

$$f_b = \frac{0.01\text{ cm}}{5\text{ cm}} = 0.002 = 2 \times 10^{-3}$$

તે જ રીતે, સળિયાની જાડાઈ d માટે 0.001 cm લઘુત્તમ માપવાળા સ્ક્રૂગેજનો ઉપયોગ કરેલ છે. જો સળિયાની જાડાઈ 0.2 cm લેવામાં આવે તો,

$$f_d = \frac{0.001\text{ cm}}{0.2\text{ cm}} = 0.005 = 5 \times 10^{-3}$$

અંતમાં, વંકન δ જે 0.001 cm લઘુત્તમ માપવાળા સ્ફેરોમીટરની મદદથી માપવામાં આવે છે. જે 5 mm હોય, તો

$$f_\delta = \frac{0.001\text{ cm}}{0.5\text{ cm}} = 0.002 = 2 \times 10^{-3}$$

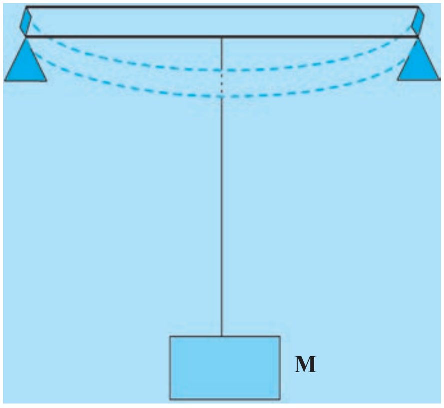
દરેક ભૌતિક રાશિઓમાં સાપેક્ષ ત્રુટિઓની ગણતરી બાદ, હવે આપણે Y માં સાપેક્ષ ત્રુટિની ગણતરી કરીએ તો,

$$f_Y = (1)\,f_M + (1)\,f_g + (3)\,f_L + (1)\,f_b + (3)\,f_d + (1)\,f_\delta$$

$$= 1 \times \left(1 \times 10^{-3}\right) + 1 \times 0 + 3 \times \left(1 \times 10^{-3}\right) + 1 \times \left(2 \times 10^{-3}\right) + 3 \times \left(5 \times 10^{-3}\right) + 1 \times \left(2 \times 10^{-3}\right)$$

$$= 1 \times 10^{-3} + 3 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3} + 15 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3}$$

અથવા $f_Y = 22 \times 10^{-3} = 0.022$



આકૃતિ I 1.1 : બંને છેડે આધાર પર ટેકવેલ ધાતુના સળિયામાં M દળ લટકાવતાં

આથી શક્ય સાપેક્ષ ત્રુટિ (અથવા અચોક્સાઈ) $f_Y \times 100 = 0.022 \times 100 = 2.2\,\%$ છે. અત્રે નોંધો કે સારા પ્રયોગ માટે, Yના ગણતરી કરીને મેળવેલ મૂલ્યમાં મહત્તમ સાપેક્ષ ત્રુટિ f_Yમાં જુદા જુદા પદોનો એટલે કે f_M, $3f_L$, f_b, $3f_d$ અને f_δ ના ફાળાની અસર સમાન મૂલ્યના ક્રમની હોવી જોઈએ. એવું ન બનવું જોઈએ કે જેથી આમાંની કોઈ રાશિ ખૂબ જ મોટી બની જાય અને f_Yનું મૂલ્ય માત્ર તે પદ (અવયવ)ને આધારે નક્કી થાય. જો આવું બને તો બીજી રાશિઓનું માપન નજીવું બની જાય. આ કારણથી જ લંબાઈ Lનું માપન મોટા લઘુત્તમ માપ (0.1 cm)વાળી માપપટ્ટી વડે જ્યારે નાની રાશિઓ d અને δનું માપન અનુક્રમે સ્ક્રૂગેજ અને સ્ફેરોમીટર વડે માપવામાં આવે છે કે જેમનું લઘુત્તમ માપ (0.001 cm) છે તથા જે ભૌતિક રાશિઓની સૂત્રમાં ઘાતાંક વધારે હોય તેવી ભૌતિક રાશિઓ જેવી કે d અને L વધારે કાળજીપૂર્વક ઓછા લઘુત્તમ માપવાળા સાધનની મદદથી માપવી જોઈએ. મોટાભાગના પ્રયોગોનું કેટલીક ભૌતિક રાશિઓના માપનનું અંતિમ પરિણામ જ હોય છે. આ માપેલ મૂલ્ય એ સામાન્ય રીતે પ્રયોગનું પરિણામ કહેવાય છે. પરિણામને રજૂ કરવાના ક્રમમાં મુખ્યત્વે ત્રણ બાબતો જરૂરી છે. તેઓ માપેલું મૂલ્ય, પરિણામમાં અંદાજિત અચોક્સાઈ (અથવા પ્રાયોગિક ત્રુટિ) અને એકમ કે જેમાં રાશિ રજૂ કરેલ છે. આ રીતે **માપેલ મૂલ્ય** ત્રુટિ અને તેના યોગ્ય એકમ સહિત, મૂલ્ય ± ત્રુટિ (એકમ) સ્વરૂપે રજૂ કરવામાં આવે છે. ધારો કે પરિણામ A ± a (એકમ) સ્વરૂપે દર્શાવાય છે. આ દર્શાવે છે કે મૂલ્ય A માં અંદાજિત અચોક્સાઈ $\frac{A}{a}$ માં એક ભાગ હોય છે, જ્યાં A અને a બંને અંકો છે. સામાન્ય રજૂઆતમાં આ સંખ્યાના બધા અંક સમાવવા જોઈએ કે જેમની વિશ્વસનીયતા જાણીતી છે કે જેમાં પ્રથમ અંક કે જે અચોક્કસ છે. આમ, બધા જ વિશ્વસનીય અંકો સહિત પ્રથમ અનિશ્ચિત અંક ભેગા થઈને **સાર્થક સંખ્યા** કહેવાય છે. માપેલ મૂલ્યના સાર્થક અંકો ત્રુટિ સાથે બંધ બેસતા હોવા જોઈએ. સ્થિતિસ્થાપકતાના યંગ મૉડ્યુલસના પ્રસ્તુત ઉદાહરણમાં $Y = 18.2 \times 10^{10}$ N/m^2 (મહેરબાની કરીને આપેલી માહિતીને આધારે Yની ગણતરી કરી આ મૂલ્ય તપાસો) અને

ત્રુટિ $\frac{\Delta Y}{Y} = f_Y$

$\therefore\ \Delta Y = f_Y \cdot Y$

$= 0.022 \times 18.2 \times 10^{10}$ N/m^2

$= 0.39 \times 10^{10}$ N/m^2 જ્યાં ΔY પ્રાયોગિક ત્રુટિ છે.

આથી Yનું રજૂ કરેલનું મૂલ્ય $(18.2 \pm 0.4) \times 10^{10}$ N/m^2 હોવું જોઈએ.

I 1.5 લઘુગણક (Logarithms)

આપેલ આધાર પર સંખ્યાના લઘુગણક (Logarithms)એ ઘાતની સંખ્યા છે કે જેના આધારે તે સંખ્યાને તેટલી ઘાત તરીકે રજૂ કરે છે.

જો $a^x = \text{N}$ હોય, તો xને aના આધારમાં Nનો લઘુગણક (લોગેરિધમ) કહે છે અને તેને $\log_a \text{N}$ રીતે રજૂ કરાય ($\log \text{N}$, aના આધાર પર એમ વંચાય) દાખલા તરીકે $2^4 = 16$. આથી, 16નો 2ના આધાર પર $\log_2 4$ મળે અથવા $\log_2 16 = 4$.

સામાન્ય રીતે, આપણે 10ના આધારમાં આપેલી સંખ્યાના લઘુગણક (લોગેરિધમ) ઉપયોગમાં લઈએ છીએ. અહીં $\log 10 = 1$, $\log 100 = \log 10^2$ અને તે મુજબ 10ના આધારમાં લઘુગણક (લોગેરિધમ) સામાન્ય રીતે log વડે લખાય છે.

(i) સામાન્ય લઘુગણક (લોગેરિધમ)

સંખ્યાના લઘુગણક (લોગેરિધમ)માં બે ભાગ હોય છે.

(i) પૂર્ણાંશ (Characteristic) : આ પૂર્ણાંક ભાગ છે. (પૂર્ણ પ્રાકૃતિક સંખ્યા)

(ii) અપૂર્ણાંશ (Mantissa) : આ અપૂર્ણાંક ભાગ છે. સામાન્ય રીતે દશાંશ પદ્ધતિમાં દર્શાવવામાં આવે છે. (અપૂર્ણાંશ ભાગ હંમેશાં ધન હોય છે.)

(ii) સંખ્યાનો પૂર્ણાંશ (Characteristic) ભાગ કેવી રીતે નક્કી કરવો ?

પૂર્ણાંશ ભાગ સંખ્યાના મૂલ્ય પર આધાર રાખે છે અને તે દશાંશ ચિહ્નના સ્થાનના આધારે નક્કી કરવામાં આવે છે. એક કરતાં મોટી સંખ્યા માટે, પૂર્ણાંશ ધન અને દશાંશ ચિહ્નની ડાબી બાજુ આવેલા અંકોની સંખ્યા કરતાં એક ઓછો હોય છે.

એક કરતાં નાની સંખ્યા (એટલે કે દશાંશ અપૂર્ણાંક) માટે , પૂર્ણાંશ ઋણ હોય છે અને દશાંશ ચિહ્ન અને પ્રથમ અંક વચ્ચેના શૂન્યોની સંખ્યા કરતાં એક વધારે હોય છે. દાખલા તરીકે, સંખ્યાના પૂર્ણાંશ.

430700 માટે 5,	4307 માટે 3,	43.07 માટે 1
4.307 માટે 0,	0.4307 માટે –1,	0.04307 માટે –2
0.0004307 માટે –4,	0.00004307 માટે –5,	

ઋણ પૂર્ણાંશ સામાન્ય રીતે $\bar{1}, \bar{2}, \bar{4}, \bar{5}$ રીતે લખાય છે અને બાર 1, બાર 2 વગેરે રીતે વંચાય છે.

I 1.5.1 સંખ્યાનો અપૂર્ણાંશ (Mantissa) ભાગ કેવી રીતે નક્કી કરશો ?

અપૂર્ણાંશ ભાગનું મૂલ્ય અંક અને તેના ક્રમ પર આધાર રાખે છે અને દશાંશ ચિહ્નના સ્થાનથી સ્વતંત્ર હોય છે. જો અંક અને તેનો ક્રમ સમાન હોય તો અપૂર્ણાંશ ભાગ સમાન હોય છે, પછી ભલે દશાંશ ચિહ્નનું સ્થાન ગમે તે હોય.

પાના નં. 266-269 પર આપેલ લઘુગણક (લોગેરિધમ) કોષ્ટક 1 અને 2, ફક્ત અપૂર્ણાંશ ભાગ આપે છે. તે સામાન્ય રીતે ચાર અંકો ધરાવતી સંખ્યાઓ માટે છે અને જો સંખ્યામાં ચાર અંક કરતાં વધારે અંક ધરાવતી હોય, તો તેનો પૂર્ણાંશ ભાગ નક્કી કર્યા બાદ તેને ચાર આંકડા સુધી રાઉન્ડ ઑફ કરવામાં આવે છે. અપૂર્ણાંશ ભાગ નક્કી કરવા, ટેબલનો ઉપયોગ નીચેના સ્વરૂપે વાપરી શકાય.

(i) આપેલી સંખ્યાના પ્રથમ બે સાર્થક અંકો કોષ્ટકના સૌથી ડાબી બાજુના સ્તંભમાં કે જેમાં 10 અને 99 વચ્ચેના અંક છે તેમાં શોધવાના અને 10 કરતાં નાની સંખ્યા માટે સંખ્યાને 10 વડે ગુણીને અપૂર્ણાંશ ભાગ મેળવવામાં આવે છે.

(ii) સમક્ષિતિજ રેખાના સૌથી ઉપરના સ્તંભમાં નીચે મુજબ સંખ્યાઓ આપેલ છે.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

જે આપેલ સંખ્યાના ત્રીજા સાર્થક અંકને અનુરૂપ છે.

(iii) હવે જમણી બાજુના સ્તંભમાં ચોથા સાર્થક અંકને અનુરૂપ સંખ્યાઓ નીચે મુજબ આપેલ છે.

1	2	3	4	5	6	7	8	9

ઉદાહરણ 1 : 278.6નો લઘુગણક મેળવો.

જવાબ : સંખ્યામાં દશાંશ ચિહ્નની ડાબી બાજુ 3 અંકો છે. આથી, તેનો પૂર્ણાંશ 2 છે. અપૂર્ણાંશ નક્કી કરવા માટે, દશાંશ ચિહ્નને અવગણો અને પ્રથમ ઊભા સ્તંભમાં 27 જુઓ. 8 માટે વચ્ચેના સૌથી ઉપરના ભાગમાં જુઓ. 27 થી સમક્ષિતિજ રીતે જમણી બાજુ અને 8થી શિરોલંબ દિશામાં નીચે તરફ આગળ વધતા જાવ. બંને રેખાઓ જ્યાં મળે છે તે બિંદુ પાસે 4440 લખેલા છે. આ 278 માટેનો અપૂર્ણાંશ છે. હજુ વધુ સમક્ષિતિજ દિશામાં આગળ વધો અને તફાવતના કૉલમમાં 6ની શિરોલંબ કૉલમમાં નીચે જુઓ. તમને 9નો અંક મળશે. આથી 2786 માટે અપૂર્ણાંશ ભાગ $4440 + 9 = 4449$ થશે.

આથી 278.6નો લઘુગણક 2.4449 (અથવા $\log 278.6 = 2.4449$).

ઉદાહરણ 2 : 278600નો લઘુગણક મેળવો.

જવાબ : આ સંખ્યાનો પૂર્ણાંશ 5 અને અપૂર્ણાંશ ભાગ ઉદાહરણ –1 મુજબ સમાન જ થશે. આપણે પ્રથમ ચાર સાર્થક અંકોનો અપૂર્ણાંશ ભાગ શોધવાનો છે. આથી, આપણે છેલ્લા બે શૂન્ય અવગણી શકીએ.

$\therefore \log 278600 = 5.4449$

ઉદાહરણ 3 : 0.00278633નો લઘુગણક મેળવો.

જવાબ : આ સંખ્યાનો પૂર્ણાંશ $\bar{3}$ છે કેમકે દશાંશ ચિહ્ન પછી બે શૂન્યો છે. આપણે ફક્ત પ્રથમ ચાર

સાર્થક અંકો માટે અપૂર્ણાંક ભાગ શોધી શકાય. આથી, આપણે છેલ્લા બે અંક (33)ને અવગણી શકાય અને 2786 માટે અપૂર્ણાંશ ભાગ 4449 છે.

$\therefore \log 0.00278633 = \bar{3}.4449$

જ્યારે સંખ્યા 4 સાર્થક અંક કરતાં વધારે અંક ધરાવતી હોય ત્યારે સંખ્યાનો છેલ્લો અંક 5 જેટલો અથવા 5થી મોટો હોય તો, તે અંકની ડાબી બાજુનો તરતનો અંક એક વધારી દેવાનો અને તે જ રીતે છેવટે ફક્ત ચાર સાર્થક અંક બાકી વધે ત્યાં સુધી આગળ વધવું અને જો છેલ્લો અંક 5 કરતાં નાનો હોય તો તેને અવગણો. જેવી રીતે ઉપરના ઉદાહરણમાં અવગણેલ છે.

જો આપણી પાસે સંખ્યા 2786.58 હોય, તો છેલ્લો અંક 8 છે. આથી આપણે તેની તરત ડાબી બાજુનો અંક વધારીને 6 કરવો પડે અને 6 એ 5 કરતાં મોટો હોવાથી આપણે તે પહેલાંનો અંક 6થી 7 કરવો પડે અને 2787નો લઘુગણક શોધવો પડે.

I 1.5.2 પ્રતિલઘુગણક (Antilogarithms)

સંખ્યા કે જેનો લઘુગણક x હોય તો તે સંખ્યા પ્રતિલઘુગણક (એન્ટીલોગેરિધમ) કહેવાય અને તેને antilog x વડે દર્શાવાય. આમ, જેવી રીતે $\log 2 = 0.3010$ તેવી રીતે antilog $0.3010 = 2$.

ઉદાહરણ 1 : જે સંખ્યાનો લઘુગણક 1.8088 હોય તે સંખ્યા શોધો.

જવાબ : આ હેતુ માટે આપણે પ્રતિલઘુગણકનો ઉપયોગ કરી શકીએ કે જેનો ઉપયોગ અપૂર્ણાંશ ભાગ માટે થાય છે.

(i) ઉદાહરણ 1માં અપૂર્ણાંશ ભાગ 0.8088 છે. ડાબી બાજુથી પ્રથમ બે અંક 0.80, ત્રીજો અંક 8 અને ચોથો અંક ફરીથી 8 છે.

(ii) પ્રતિલઘુગણક (એન્ટીલોગેરિધમ)ના ટેબલમાં પહેલા શિરોલંબ કૉલમમાં 0.80 જુઓ. તેની આ સમક્ષિતિજ રેખામાં 8 ઉપર હોય, તેવા કૉલમની હરોળમાં ભેગા મળે ત્યાં આપણને 6427 મળે છે. તેનો અર્થ એ થયો કે 0.808 અપૂર્ણાંશ માટે સંખ્યા 6427 છે.

(iii) આગળ વધતાં આ સમક્ષિતિજ હરોળમાં mean differenceના ખાનામાં જમણી બાજુના 8 ની નીચે, જ્યાં બંને છેદે ત્યાં 12નો અંક મળે છે. આ 12ને 6427માં ઉમેરતાં આપણને 6439 મળે. હવે 0.8088 અપૂર્ણાંશ ભાગ માટે 6439 સંખ્યા મળે છે.

(iv) પૂર્ણાંશ 1 છે. આ અંક કરતાં એક વધારે જેટલા અંક જરૂરી સંખ્યાના પૂર્ણાંક ભાગમાં રજૂ કરવું. આથી, જરૂરી સંખ્યામાં પૂર્ણાંક ભાગમાં અંકોની સંખ્યા $= 1 + 1 = 2$. આથી જરૂરી સંખ્યા 64.39 એટલે કે antilog $1.8088 = 64.39$.

ઉદાહરણ 2 : $\bar{2}.8088$ નો એન્ટીલોગ (પ્રતિલઘુગણક) શોધો.

જવાબ : પૂર્ણાંક સંખ્યા $\bar{2}$ હોવાથી, દશાંશચિહ્નની જમણી બાજુ એક શૂન્ય હોવું જોઈએ.

આથી, Antilog $\bar{2}.8088$ = 0.06439

લઘુગણક (લોગેરિધમ)ના ગુણધર્મો :

(i) $\log_a mn = \log_a m + \log_a n$

(ii) $\log_a m/n = \log_a m - \log_a n$

(iii) $\log_a m^n = n \log_a m$

લઘુગણકની વ્યાખ્યા :

$\log_a 1 = 0$ (આથી $a^0 = 1$)

1 નો કોઈ પણ આધાર પર log શૂન્ય મળે અને $\log_a a = 1$ (આથી, આધારનો પોતાનો જ log, 1 મળે, $a^1 = a$).

I 1.6 પ્રાકૃતિક સાઈન/કોસાઈન કોષ્ટક (Natural sine/cosine)

કોઈ ખૂણાનું sine કે cosine મૂલ્ય શોધવા માટે આપણે ત્રિકોણમિતિય વિધેયના કોષ્ટકનો ઉપયોગ કરવો પડે છે. Natural sine અને cosine કોષ્ટક ડેટા વિભાગમાં (ટેબલ 3 અને 4, પાના નં. 270-273) પર આપેલ છે. ખૂણાઓ સામાન્ય રીતે ડીગ્રી અને મિનિટ (કળા)માં આપેલા હોય છે. દા.ત., 35° 6′ અથવા 35.1°.

I 1.6.1 Natural sine કોષ્ટકમાં અવલોકન

ધારોકે આપણે sin 35° 10′ નું મૂલ્ય જાણવું છે. આથી, નીચે મુજબ આગળ વધી શકાય.

(i) Natural sine કોષ્ટક ખોલો.

(ii) પ્રથમ કૉલમમાં જુઓ અને 35° શોધો. સમક્ષિતિજ દિશામાં તપાસ કરો. 0.5736ના મૂલ્યથી જમણી બાજુ જાવ અને જ્યાં 6′ લખેલ છે તે કૉલમમાં જુઓ. તમારે 0.5750 પાસે ઊભા રહેવું પડશે.

(iii) પરંતુ 10′ માટે જરૂરી કિંમત મેળવવાની છે.

10′ અને 6′ વચ્ચેનો તફાવત 4′ છે. આથી, આપણે mean differenceના કૉલમમાં 4′ની નીચેના ખાનામાં જોવું પડે તેને અનુરૂપ કિંમત 10 છે. આ 10 છેલ્લે મેળવેલ 0.5750માં ઉમેરો . આથી, આપણને 0.5760 મળશે.

આમ, sin(35° 10′) = 0.5760

I 1.6.2 Natural cosine કોષ્ટકમાં અવલોકન

Natural cosine ટેબલનો ઉપયોગ સમાન રીતે જ કરવામાં આવે છે. તેમ છતાં, જેમ θ વધે તેમ cos θ ઘટે છે તે હકીકતને આધારે mean difference બાદ કરવામાં આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે, cos 25° = 0.9063. 25° 40′ના ખૂણાનું cosine મેળવવા માટે, એટલે કે cos 25° 40′, cos 25° 36′ = 0.9018 મેળવી શકાય અને 4′ માટેનો mean difference 5 મળે. જે મેળવેલ સંખ્યા 0.9018ના છેલ્લા અંકમાંથી બાદ કરતાં 0.9013 મળે છે. આમ, cos 25° 40′ = 0.9013.

I 1.6.3 Natural tangent કોષ્ટકમાં અવલોકન

Natural tangent ટેબલ, Natural sine ટેબલની જેમ જ ઉપયોગમાં લેવાય છે.

I 1.7 આલેખ દોરવા

આલેખ એ બે ચલ રાશિઓ વચ્ચેના સંબંધની ચિત્રાત્મક રજૂઆત છે. તે આપણને પ્રાયોગિક માહિતીને પ્રથમ દૃષ્ટિએ તાદૃશ્ય કરવામાં મદદરૂપ થાય છે અને બે રાશિઓ વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવે છે. જો કોઈ બે ભૌતિક રાશિ a અને bમાંથી આપણે aમાં ફેરફાર કરીએ અને તેના પરિણામ સ્વરૂપ bમાં પણ ફેરફાર થાય તો aને સ્વતંત્ર ચલ અને bને આધારિત ચલ કહેવામાં આવે છે. દા.ત. જ્યારે તમે લોલકની લંબાઈ બદલો ત્યારે આવર્તકાળ બદલાય છે. અહીં લંબાઈ એ સ્વતંત્ર ચલ જ્યારે આવર્તકાળ આધારિત ચલ છે. આલેખ એ ફક્ત બે ચલ રાશિઓના સંબંધની ચિત્રાત્મક રજૂઆત કરે છે તેવું નથી, તે ચોક્કસ નિયમોની ચકાસણી કરવા પણ સક્ષમ છે. (જેવા કે બોઇલનો નિયમ) ઘણી મોટી સંખ્યાના અવલોકનોમાંથી સરેરાશ કિંમત મેળવવા, પ્રયોગના અવલોકનોની ક્ષમતાની બહાર અમુક રાશિઓમાં અંતઃર્વેશન/બહિર્વેશનના મૂલ્યો, માપન માટેના આપેલ સાધનનું અંકીકરણ અથવા માપકરણ અને આધારિત ચલની મહત્તમ અને લઘુત્તમ કિંમત શોધી શકાય છે.

સામાન્ય રીતે આલેખ પેપર પર આલેખ દોરાય કે જેમાં મિલિમીટર/સેન્ટીમીટરના ચોરસ દોરેલા હોય છે. આલેખ દોરવા માટે નીચેના તબક્કાઓ ધ્યાન પર લેવા જોઈએ.

(i) સ્વતંત્ર અને આધારિત ચલ નક્કી કરો. સ્વતંત્ર ચલને X-અક્ષ પર અને આધારિત ચલને Y-અક્ષ પર રજૂ કરો.

(ii) દરેક ચલનો વિસ્તાર નક્કી કરો અને તેને રજૂ કરવાની અક્ષ પર કેટલા મોટા ચોરસ પ્રાપ્ય છે તે ગણો.

(iii) આલેખ દોરવા માટે પ્રમાણમાપ પસંદ કરવું જટિલ કાર્ય છે. આદર્શ રીતે, આલેખ પરનો નાનામાં નાનો ભાગ એ માપનનું લઘુત્તમ માપ અથવા જે ચોક્કસ પરિણામો જાણીતા છે કે તેની ચોકસાઈ જેટલું હોવું જોઈએ. ઘણી વખતે, આલેખની વધારે સ્પષ્ટતા માટે લઘુત્તમ માપનો યોગ્ય ભાગ (અપૂર્ણાંક)એ આલેખ પેપરના નાનામાં નાના ભાગ જેટલું લેવામાં આવે છે.

(iv) ઉગમબિંદુની પસંદગી એ સમજદારીથી કરવી પડે તેવો બીજો મુદ્દો છે. સામાન્ય રીતે, (0, 0) એ ઉગમબિંદુ તરીકે સેવા આપે છે. પરંતુ આ પસંદગી સામાન્ય રીતે જ્યારે ચલ વચ્ચેનો સંબંધ શૂન્યથી શરૂ થતો હોય અથવા કોઈ એક ચલ માટે શૂન્ય સ્થિતિ શોધવાની હોય ત્યારે સ્વીકારેલી છે. જો તેનું સાચું મૂલ્યાંકન શક્ય ન હોય. તેમ છતાં, બીજા બધા

કિસ્સામાં ઉગમબિંદુ આપેલા ચલને અનુરૂપ શૂન્ય રજૂ કરે તે જરૂરી નથી. તેમ છતાં તે આપેલા ચલને અનુરૂપ નાનામાં નાના મૂલ્ય કરતાં નજીકની નાની રાઉન્ડ સંખ્યાને રજૂ કરે તો અનુકુળ રહે છે. દરેક અક્ષ પર ચલના મૂલ્યો માત્ર પૂર્ણ (રાઉન્ડ) સંખ્યામાં જ લખો.

(v) *X*-અક્ષ અને *Y*-અક્ષ પ્રમાણમાપના ચિહ્નોથી ગીચ ન થવી જોઈએ. અક્ષ પર દરેક 5 cm અંતરે સંખ્યા લખવી જોઈએ. જે રાશિ લીધેલ હોય તેના એકમ પણ લખો. આંકડાઓને વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિ મુજબ રજૂ કરો. એટલે કે સંખ્યામાં પ્રથમ અંક પછી દશાંશ ચિહ્ન મૂકો અને તેને 10ની યોગ્ય ઘાત વડે ગુણો. આલેખ પેપરની ઉપર જમણી અથવા ડાબી બાજુ ખૂણામાં પ્રમાણમાપ પરિવર્તન પણ લખો.

(vi) દોરેલા આલેખની નીચે યોગ્ય શીર્ષક અને આલેખ સાથે સંકળાયેલ ભૌતિક રાશિઓના નામ અથવા તેની સંજ્ઞા લખવી જોઈએ. આલેખ પેપર ઉપર બંને અક્ષ પર લીધેલ પ્રમાણમાપ પણ દર્શાવવું જોઈએ.

(vii) જ્યારે આલેખ સુરેખ મળવાનો અંદાજ હોય, ત્યારે સામાન્ય રીતે 6થી 7 અવલોકનથી ચાલી શકે. ઘણા બધા અવલોકનો લેવામાં વધારે સમય બગાડવાની જરૂર નથી. અવલોકનો શક્ય એવા બધા જ વિસ્તાર સુધી લેવા પડે.

(viii) જો આલેખ વક્ર હોય તો, સ્વતંત્ર ચલની સમગ્ર શ્રેણી તે 6થી 7 ભાગમાં ગોઠવી દો. પછી અનુમાન કરો કે વક્રમાં કયા વક્રાકાર ભાગ પાસે તીક્ષ્ણ ફેરફાર જોવા મળશે. આ વિસ્તારમાં (વિભાગમાં) વધારે અવલોકન લો. દાખલા તરીકે જ્યારે મહત્તમ અથવા લઘુત્તમ કિંમત મેળવવાની હોય ત્યારે મહત્તમ કે લઘુત્તમનું ચોક્કસ બિંદુ મેળવવા ત્યાં વધારે અવલોકન લેવા પડે, જેમકે લઘુત્તમ વિચલનકોણ (δm) શોધવા માટે તમારે δmની આસપાસ વધારે અવલોકન લેવા પડે.

(ix) ''માહિતી''ના બિંદુઓની રજૂઆતનો પણ યોગ્ય અર્થ હોય છે. મૂકેલ બિંદુના વિસ્તારનું પરિણામ એ તે માહિતીની ચોક્કસાઈને અનુરૂપ હોવું જોઈએ. આપણે એક ઉદાહરણ લઈએ કે જેમાં મૂકેલ બિંદુને ⊙ સ્વરૂપે, બિંદુની આસપાસ વર્તુળ સ્વરૂપે રજૂ કરેલ છે. કેન્દ્રિય ટપકું માપેલ માહિતીનું મૂલ્ય છે. વર્તુળની 'x' અને 'y' દિશામાં ત્રિજ્યા એ અચોક્કસાઈનું માપ દર્શાવે છે. જો વર્તુળની ત્રિજ્યા મોટી હોય તો તેનો અર્થ માહિતીમાં અચોક્કસાઈ વધારે છે. વધુમાં આ પ્રકારની રજૂઆત એવું દર્શાવે છે કે X અને Y અક્ષ પર ચોક્કસાઈ એકસમાન છે. બીજી ઉપયોગમાં લેવાથી અન્ય સંજ્ઞાઓ કે જે ઉપર જેવો સમાન અર્થ ધરાવે છે તે ⊡, ◬, ■, ▲, ×, વગેરે છે. જો X-અક્ષ અને Y-અક્ષ પર અનિશ્ચિતતા જુદી જુદી હોય તેવા કિસ્સામાં વપરાતી કેટલીક

સંજ્ઞાઓ + (X-અક્ષ પર ચોક્કસાઈનું માપ Y-અક્ષ પર કરતાં વધારે છે.) + (X-અક્ષ પર ચોક્કસાઈનું માપ Y-અક્ષ કરતાં ઓછું છે.), ⌖, ▯, ⬮, ▮, ▬ જેવી છે. તમે તમારી જાતે નવી ડીઝાઈન કરી શકો.

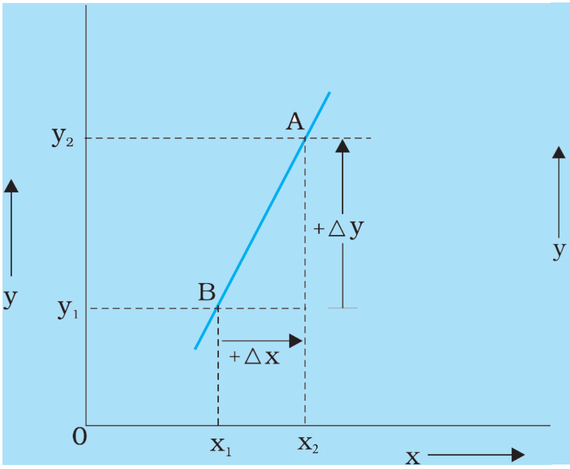
(x) માહિતીના બધા બિંદુઓ મૂકાઈ જાય પછી, રૂઢિગત રીતે હાથથી સરળ વક્ર દોરવો કે જેથી મોટા ભાગનાં બિંદુઓ તેની પર કે તેની નજીક અને બાકીના બધા તેની આજુબાજુ સમાન રીતે વહેંચાઈ જાય. હવેના સમયમાં આપેલ માહિતીનો આલેખ દોરવા કમ્પ્યુટરનો ઉપયોગ થાય છે.

I 1.7.1 સુરેખ આલેખનો ઢાળ

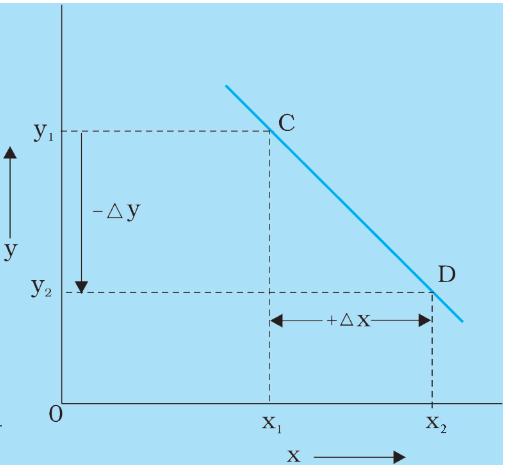
સુરેખ આલેખનો ઢાળ m નીચેની રીતે વ્યાખ્યાયિત થાય છે.

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

જ્યાં Δy એ Y-અક્ષ પર લીધેલ ભૌતિકરાશિના મૂલ્યમાં થતો ફેરફાર છે અને તેને અનુરૂપ X-અક્ષ પર લીધેલ ભૌતિકરાશિના મુલ્યમાં થતો ફેરફાર Δx છે. આકૃતિ I 1.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર Δx અને Δy



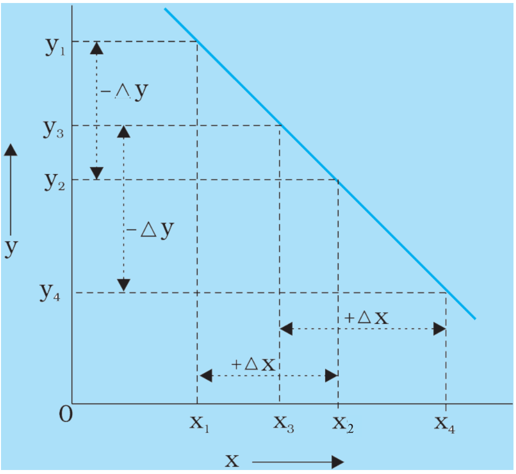
આકૃતિ I 1.2 : ઢાળનું મૂલ્ય ધન



આકૃતિ I 1.3 : ઢાળનું મૂલ્ય ઋણ

બંનેની નિશાની સમાન હશે ત્યારે ઢાળ mની નિશાની ધન હશે. બીજી બાજુ, જો Δyની નિશાની Δxની નિશાની કરતાં વિરુદ્ધ હોય (એટલે કે જ્યારે x વધે તેમ y ઘટે) તો ઢાળનું મૂલ્ય ઋણ હશે. જે આકૃતિ I 1.3માં દર્શાવેલ છે.

વધુમાં આપેલ સુરેખાનો ઢાળ રેખા પરના બધાં જ બિંદુઓ માટે સમાન મૂલ્ય ધરાવે છે. આનું કારણ આકૃતિ I 1.4માં દર્શાવ્યા મુજબ રેખા પરના દરેક બિંદુ માટે xના સમાન ફેરફાર માટે yના ફેરફાર સમાન મળે છે. આમ, આપેલી રેખા માટે ઢાળ અચળ રહે છે.



આકૃતિ I 1.4 **:આપેલ સુરેખા માટે ઢાળ અચળ હોય છે.**

જ્યારે ઢાળની ગણતરી કરતા હોઈએ ત્યારે, X-અક્ષ પરનો ભાગ પૂરતી લંબાઈનો રાખો અને તે ચલની રાઉન્ડ કિંમત રજૂ કરે તેનું ધ્યાન રાખો. તેને અનુરૂપ Y-અક્ષ પરના ચલનો અંતરાલ (ભાગ) માપો અને ઢાળની ગણતરી કરો. સામાન્ય રીતે, ઢાળની કિંમતમાં બેથી વધારે સાર્થક અંક ન હોવા જોઈએ. ઢાળની કિંમત અને અક્ષ પરના અંતઃખંડ જો હોય તો, આલેખ પેપર પર જરૂર લખો.

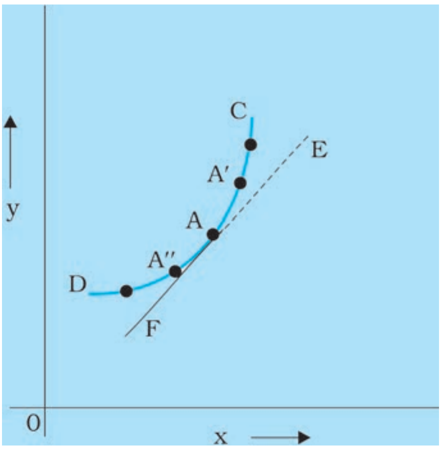
ઢાળને tan θસ્વરૂપે ન દર્શાવો. જ્યારે બંને અક્ષ પર સમાન પ્રમાણમાપ હોય ત્યારે જ ઢાળ tan θ જેટલો હોય છે. એ પણ ધ્યાનમાં રાખો કે આલેખ એ ભૌતિક સાર્થકતા છે, ભૌમિતિક નહિ.

ઘણી વખત સુરેખ આલેખ કે જે ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થવા જોઈએ તેને બદલે કંઈક અંતઃખંડ આપે છે. તેથી જ્યારે સુરેખ સંબંધ ઇચ્છિત હોય ત્યાં સૂત્રમાં બે ભૌતિકરાશિના ગુણોત્તરને બદલે ઢાળનો ઉપયોગ કરી શકાય.

I 1.7.2 વક્ર આલેખનો આપેલ બિંદુએ ઢાળ

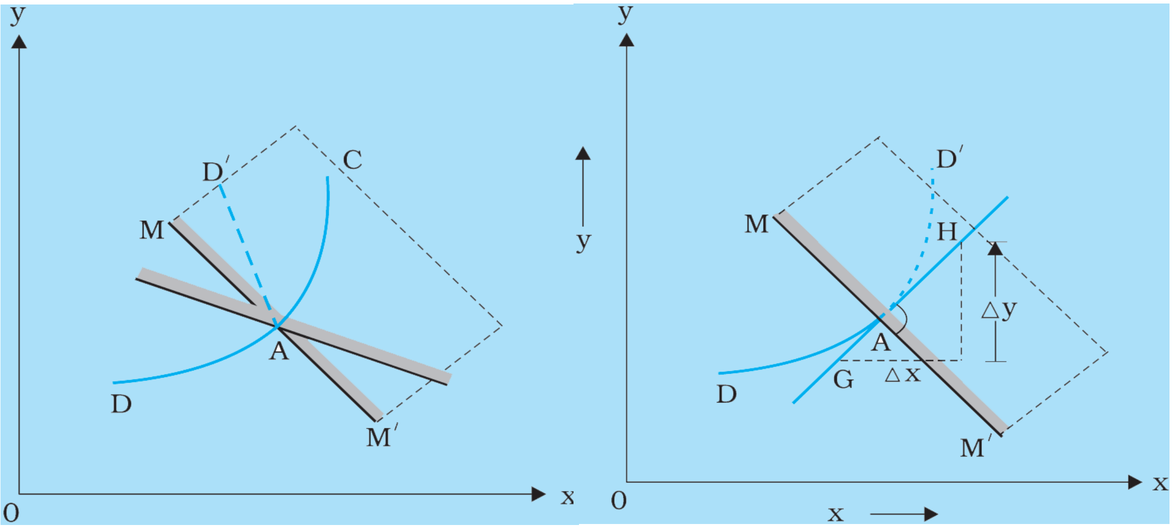
ઉપરના મુદ્દામાં દર્શાવ્યું છે તે મુજબ સુરેખ આલેખનો ઢાળ દરેક બિંદુ પાસે સમાન મૂલ્ય ધરાવે છે. જ્યારે આ બાબત વક્ર માટે સાચી નથી. આકૃતિ I 1.5માં દર્શાવ્યા અનુસાર, વક્ર CDના ઢાળનું મૂલ્યબિંદુ A′, A, A″ વગેરે બિંદુ પાસે જુદુ જુદુ હશે.

તેથી સુરેખ ન હોય તેવા વક્રના કિસ્સામાં, આપણે ચોક્કસ બિંદુ પાસેના ઢાળની વાત કરવી પડે. વક્રના કોઈ ચોક્કસ બિંદુ પાસેનો ઢાળ જેમકે આકૃતિ I 1.5માં A બિંદુ પાસે વક્રને દોરેલ સ્પર્શક EFનો ઢાળ એ બિંદુ A પાસેનો ઢાળ દર્શાવે છે. તે જ રીતે વક્ર ઉપર આપેલા બિંદુ પાસે ઢાળ શોધવા માટે, ઇચ્છિત બિંદુ પાસે વક્રને સ્પર્શક દોરવો જોઈએ.



આકૃતિ I 1.5 **:બિંદુ A પાસે સ્પર્શક**

આપેલ વક્રના આપેલ બિંદુએ સ્પર્શક દોરવા માટે, લાકડાના બ્લૉક પર જડિત સમતલ અરીસાપટ્ટીનો ઉપયોગ કરી શકાય અને તે જે કાગળ પર વક્ર દોરેલ હોય તેના પર લંબરૂપે મૂકી શકાય. આ બાબત આકૃતિ I 1.6 (a) અને I 1.6 (b)માં ઉદાહરણ તરીકે દર્શાવેલ છે. સમતલ અરીસાની પટ્ટી MM′ ઇચ્છિત બિંદુ A પાસે એવી રીતે મૂકો કે જેથી વક્રના ભાગ DAનું પ્રતિબિંબ D′A અરીસાની પટ્ટીમાં



આકૃતિ I1.6 (a), (b) **: સમતલ અરીસાનો ઉપયોગ કરી બિંદુ A પાસે સ્પર્શક દોરવો**

DA સાથે સતત દેખાય. સામાન્ય રીતે, પ્રતિબિંબ D′A વક્રના DA ભાગ સાથે આકૃતિ I1.6 (a)માં દર્શાવ્યા મુજબ સહેલાઈથી જોડાય તે રીતે દેખાશે નહિ.

પછી અરીસાની પટ્ટી MM′ ને, બિંદુ A પાસે તેની સ્થિતિ સમાન રહે તે રીતે પરિભ્રમણ કરાવો. અરીસામાં પ્રતિબિંબ D′A પણ પરિભ્રમણ પામશે. હવે MM′ ની સ્થિતિ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી DAD′, આકૃતિ I 1.6 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સળંગ, સરળ વક્ર દેખાય. આ ગોઠવણ માટે અરીસાની ધારને અનુલક્ષીને MAM′ રેખા દોરો. પછી, કોણમાપકનો ઉપયોગ કરીને, બિંદુ A પાસે MAM′ રેખાને લંબ GH દોરો.

GAH રેખા એ DAC વક્ર ઉપર બિંદુ A પાસેનો જરૂરી સ્પર્શક છે. સ્પર્શકનો ઢાળ (એટલે કે $\Delta y / \Delta x$) એ CAD વક્રનો બિંદુ A પાસેનો ઢાળ દર્શાવે છે. ઉપરની પદ્ધતિનો ઉપયોગ કોઈ પણ વક્રના કોઈ પણ બિંદુએ ઢાળ શોધવા માટે કરી શકાય.

I 1.8 પ્રયોગ કરવા માટેની સામાન્ય સૂચનાઓ

(1) વિદ્યાર્થીએ પ્રયોગના સિદ્ધાંતને સંપૂર્ણપણે સમજવો જોઈએ. તે પ્રયોગનો હેતુ અને તેને અનુરૂપ પદ્ધતિ પ્રયોગ કરતાં પહેલાં સ્પષ્ટ રીતે સમજી લેવા જોઈએ.

(2) સાધનો યોગ્ય ક્રમમાં ગોઠવવા જોઈએ. કોઈ નુકસાન ન થાય તે માટે બધા સાધનોને કાળજીપૂર્વક અને સાવચેતીથી ઉપયોગમાં લેવા જોઈએ. સાધનનું કોઈ આકસ્મિક નુકસાન અથવા તૂટફૂટ થાય તો તરત જ જવાબદાર શિક્ષકના ધ્યાન પર લાવો.

(3) દરેક પ્રયોગમાં, પ્રયોગ કરતી વખતે રાખવાની તકેદારીઓનું ચુસ્તપણે પાલન કરો.

(4) દરેક અવલોકન, સમાન મૂલ્ય મળે તો પણ, દરેક વખતે અવલોકન ફરીથી લો. વિદ્યાર્થીએ અવલોકન નોંધવા માટેનું ચોક્કસ આયોજન ધ્યાનમાં રાખવું. મોટા ભાગના પ્રયોગમાં અવલોકનો અવલોકનકોઠાના સ્વરૂપમાં હોવા જરૂરી છે.

(5) ગણતરી સ્પષ્ટ દર્શાવો. (જ્યાં જરૂર હોય ત્યાં લઘુગણક (logarithms)નો ઉપયોગ કરીને). દરેક રાશિના માપનની ચોક્કસાઇનું પરિમાણ હંમેશા ધ્યાનમાં રાખો. આથી, અંતિમ પરિણામમાં કોઈ કલ્પિત ચોક્કસાઇ પ્રતિબિંબિત ન થાય. મેળવેલ પરિણામને યોગ્ય રીતે રાઉન્ડ ઑફ કરવું.

(6) જ્યાં શક્ય હોય ત્યાં અવલોકનોને આલેખ સાથે દર્શાવો.

(7) પરિણામ હંમેશા યોગ્ય SI એકમ સહિત દર્શાવો અને જો પ્રાયોગિક ત્રુટિ હોય તો તે પણ દર્શાવો.

I 1.9 પ્રયોગ દરમિયાન અવલોકન નોંધવા માટેની સામાન્ય સૂચનાઓ

પ્રયોગના અવલોકનોની સ્પષ્ટ અને પદ્ધતિસરની પ્રાયોગિક ફાઇલ (રેકોર્ડબુક, નોટબુક)માં નોંધ એ પ્રાયોગિક સંશોધનોના પરિણામની યોગ્ય રજૂઆત માટે ખૂબ જ ઉપયોગી છે. અહેવાલ તૈયાર કરવા સામાન્ય રીતે નીચે મુજબના મથાળાનો ઉપયોગ થાય છે.

તારીખ .... પ્રયોગ નં. .... પાના નંબર ....

હેતુ

જે પ્રયોગ કરવાનો હોય તે પ્રયોગના હેતુઓ સ્પષ્ટપણે અને ચોક્કસાઈપૂર્વક દર્શાવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રીઓ

પ્રયોગ કરવા માટે ઉપયોગમાં લીધેલ સાધન અને સામગ્રી જણાવો.

માપન માટેના સાધનો અને ઉપકરણોનું વર્ણન (વૈકલ્પિક)

પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લીધેલ સાધન અને માપન માટેના જુદા જુદા સાધનોનું વર્ગીકરણ દર્શાવો.

પદ અને વ્યાખ્યાઓ અથવા વિભાવનાઓ (ખ્યાલ) (વૈકલ્પિક)

જુદા જુદા ઉપયોગી પદ અને વ્યાખ્યાઓ અને પ્રયોગમાં વપરાયેલ વિભાવનાઓ સ્પષ્ટપણે લખવી.

સિદ્ધાંત/સૈદ્ધાંતિક

પ્રયોગને અંતર્ગત સિદ્ધાંત રજૂ કરો અને ઉપયોગમાં લીધેલ સૂત્ર લખો, સંકળાયેલી સંજ્ઞાઓ સ્પષ્ટપણે સમજાવો. (તારવણી જરૂરી નથી.) વિદ્યુતશાસ્ત્રને લગતા પ્રયોગ/પ્રવૃત્તિ માટે સ્પષ્ટ વિદ્યુત પરિપથ અને પ્રકાશ માટે કિરણ રેખાકૃતિ દોરો.

પદ્ધતિ (પૂર્વનિર્ધારિત સાવચેતીઓ સાથે)

પ્રયોગના સાધનની ગોઠવણી દરમિયાન ખરેખર ધ્યાનમાં આવેલ પૂર્વનિર્ધારિત સાવચેતીઓ સહિત જુદા જુદા પગલાં અને લેવાતાં માપન શ્રેણીબદ્ધ તબક્કામાં જણાવો.

અવલોકનો

શક્ય હોય ત્યાં અવલોકનોની નોંધણી કોષ્ટકીય રીતે સ્પષ્ટ અને છેકછાક વિના નોંધો. અવલોકન કોઠાની ઉપર, વાપરેલ માપનના સાધનોનું લઘુત્તમ માપ અને તેમનો વિસ્તાર સ્પષ્ટપણે દર્શાવો. તેમ છતાં, જો પ્રયોગનું પરિણામ ચોક્કસ પરિસ્થિતિ જેવા કે તાપમાન, દબાણ વગેરે પર આધારિત હોય તો તે પરિબળોના મૂલ્યો જણાવો.

ગણતરી અને આલેખ દોરવો

જુદી જુદી રાશિઓની માપેલી કિંમતો સૂત્રમાં મૂકો અને પદ્ધતિસર ગણતરી કરો તથા લઘુગણક (લોગેરિધમ) કોષ્ટકનો ઉપયોગ કરી સ્પષ્ટ દર્શાવો. પ્રાયોગિક ત્રુટિની ગણતરી કરો.

જ્યાં શક્ય હોય, ત્યાં પરિણામ મેળવવા આલેખની રીતનો ઉપયોગ કરો.

પરિણામ

પ્રાયોગિક પરિણામોને આધારે તારણ રજૂ કરો. (ભૌતિક ગુણવત્તા સહિત સાંખ્યિક પરિણામને યોગ્ય સાર્થક અંક અને યોગ્ય SI એકમ તથા શક્ય ત્રુટિ સહિત રજૂ કરો.). વળી, જો પરિણામ ભૌતિક પરિસ્થિતિ પર આધારિત હોય, તો તે ભૌતિક પરિસ્થિતિ જેવી કે તાપમાન, દબાણ વગેરેનો ઉલ્લેખ કરો.

સાવચેતીઓ

પ્રયોગ/પ્રવૃત્તિ જ્યારે કરતા હોય ત્યારે ખરેખર ધ્યાનમાં આવેલ સાવચેતીઓનો ઉલ્લેખ કરો.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમ

પ્રયોગ કરતા હોય તે દરમિયાન ઉદ્‌ભવતી અને વ્યક્તિગત રીતે નિયંત્રિત ન થઈ શકે તેવી ત્રુટિઓના શક્ય ઉદ્‌ગમો દર્શાવો અને પરિણામ પર અસર આવે તેવી ત્રુટિઓનો ઉલ્લેખ કરો.

ચર્ચા

પ્રયોગ ગોઠવણી માટેના ખાસ કારણો વગેરે આ શીર્ષક હેઠળ ઉલ્લેખવામાં આવે છે. વળી, પ્રયોગ દરમિયાન અવલોકનમાંથી કોઈ ખાસ તારવણી અથવા નડતી કોઈ ખાસ મુશ્કેલીઓનો ઉલ્લેખ કરવો. આ ચર્ચામાં પ્રયોગમાં ચોક્કસાઈ વધારવા માટેના મુદ્દાઓ, તકેદારીઓ અને સામાન્યતઃ પ્રયોગના પાયાના સિદ્ધાંતને સારી રીતે સમજવા થિયરી સાથે જોડાયેલા મુદ્દા ઉમેરી શકાય.

પ્રયોગો
EXPERIMENTS

પ્રયોગ 1

હેતુ

વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત વિરુદ્ધ વિદ્યુતપ્રવાહનો આલેખ દોરી આપેલા તાર માટે એકમ લંબાઈ દીઠ અવરોધ નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

અજ્ઞાત અવરોધ (~ 10 Ω) ધરાવતો તાર, બૅટરી એલિમિનેટર અથવા સંગ્રાહક કોષ (0 to 3 V) અથવા બે સૂકા કોષ (દરેક 1.5 V ધરાવતા), વોલ્ટમીટર (0 – 5 V), મિલિએમીટર (0 – 500 mA), રીઓસ્ટેટ, સાદી કળ, જોડાણ માટેના તાર અને કાચપેપરનો ટુકડો

સિદ્ધાંત

ઓહ્મનો નિયમ દર્શાવે છે કે સુવાહકની ભૌતિક સ્થિતિ અચળ જાળવી રાખવામાં આવે તો, સુવાહકમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ એ તેના છેડા વચ્ચેના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

જો સુવાહકમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ I અને તેના છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત V હોય, તો ઓહ્મના નિયમ અનુસાર

$$V \propto I$$

અને તેથી

$$V = RI \qquad \text{(E 1.1)}$$

જ્યાં R એ સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે અને તેને સુવાહકના વિદ્યુત અવરોધ તરીકે લેવાય છે. જો Vને વોલ્ટમાં અને Iને એમ્પિયરમાં લેવામાં આવે તો Rને ઓહ્મમાં રજૂ કરાય છે. અવરોધ R એ વાહકના દ્રવ્ય અને પરિમાણ પર આધાર રાખે છે. સમાન આડછેદ ધરાવતા તાર માટે, અવરોધ, લંબાઈ l અને આડછેદના ક્ષેત્રફળ A પર આધાર રાખે છે. તે વાહકના તાપમાન પર પણ આધાર રાખે છે. આપેલ તાપમાને અવરોધ,

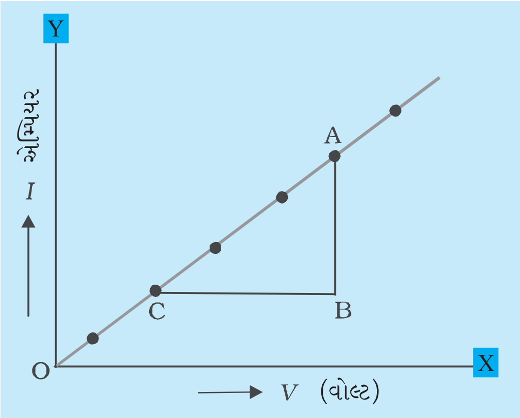
$$R = \rho\frac{l}{A} \qquad \text{(E 1.2)}$$

જ્યાં ρ એ વિશિષ્ટ અવરોધ અથવા અવરોધકતા છે અને તે તારના દ્રવ્યની લાક્ષણિકતા છે.

સમીકરણ (E 1.1) અને (E 1.2) પરથી,

(E 1.3) $$V=\left(\rho\frac{l}{A}\right)I$$ મેળવી શકીએ.

V અને I વચ્ચેનો રેખીય સંબંધ મેળવી શકાય છે. એટલે કે V અને I નો આલેખ આકૃતિ E 1.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થતી સુરેખ રેખા મળવી જોઈએ. સમીકરણ (E 1.1) અનુસાર આલેખનો ઢાળ $\frac{1}{R}$ થશે. (ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થતી સુરેખ રેખાનું સમીકરણ $y = mx$ છે. જ્યાં m એ આલેખનો ઢાળ છે.)



આકૃતિ E 1.1 : *વિદ્યુતપ્રવાહ I અને વિદ્યુતસ્થિતિમાન V વચ્ચેનો તફાવત*

ઢાળ $= \frac{1}{R}$

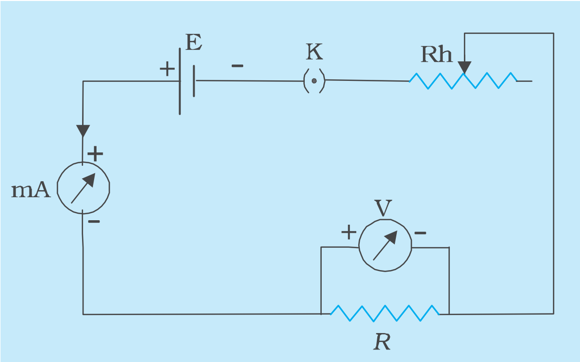
$\Rightarrow R = \frac{1}{\text{ઢાળ}}$

જો તારની લંબાઈ l હોય તો, તારની એકમ લંબાઈ દીઠ અવરોધ $= \frac{R}{l}$

પદ્ધતિ

(1) જોડાણ માટેના વાયરોના છેડા પર કોઈ પણ અવાહક પડનું આવરણ થઈ ગયેલ હોય, તો તેને દૂર કરવા છેડાઓને કાચપેપર વડે સાફ કરો.

(2) આકૃતિ E 1.2 માં દર્શાવ્યા મુજબ અવરોધ, રીઓસ્ટેટ, બૅટરી, કળ, વોલ્ટમીટર અને એમીટર જેવા જુદાં-જુદાં ઘટકો જોડો. (નોંધ : જો બૅટરી એલિમિનેટર બદલી શકાય તેવા વૉલ્ટેજ વાળું હોય તો રીઓસ્ટેટની જરૂર નથી.)



આકૃતિ E 1.2 : *આપેલા તાર માટે વિદ્યુતપ્રવાહ I અને વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત V વચ્ચેનો સંબંધ મેળવવા માટેનો વિદ્યુતપરિપથ*

(3) મિલિએમીટર અને વોલ્ટમીટરના દર્શકો માપન સ્કેલ પરના શૂન્યના ચિહ્ન પર એકરેખસ્થ છે કે નહિ તે ચકાસો. જો આમ ન હોય તો, સ્ક્રૂડ્રાઇવર (ડિસમિસ)ની મદદથી દર્શકના છેડાની નજીક આવેલા સ્ક્રૂની ગોઠવણી કરીને દર્શકને શૂન્યના ચિહ્ન સાથે એકરેખસ્થ કરો.

(4) આપેલા વોલ્ટમીટર અને મિલિએમીટરનો વિસ્તાર અને લઘુત્તમ માપ નોંધો.

(5) કળ K ભરાવો અને રીઓસ્ટેટના સંપર્કને કોઈ એક અંતિમ છેડા પર ગોઠવો કે જેથી અવરોધક તારમાંથી લઘુત્તમ વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય.

(6) મિલિએમીટર અને વોલ્ટમીટરનાં અવલોકનો નોંધો.

(7) કળ K ખુલ્લી કરો અને જો તાર ગરમ થયો હોય તો તેને ઠંડો પડવા દો. ફરીથી કળ ભરાવો. રીઓસ્ટેટનો સંપર્ક થોડો ખસેડી લાગુ પાડેલ વોલ્ટેજમાં વધારો કરો. મિલિએમીટર અને વોલ્ટમીટરનાં અવલોકનો લો.

(8) રીઓસ્ટેટની ચાર જુદી-જુદી ગોઠવણી માટે પદ 7 પુનરાવર્તિત કરો. તમારાં અવલોકનો અવલોકન-કોઠામાં નોંધો.

અવલોકનો

(1) એમીટરનો વિસ્તાર = 0 mA થી _______ mA

(2) એમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ______ mA

(3) વોલ્ટમીટરનો વિસ્તાર = 0 V થી ________ V

(4) વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = _________ V

(5) માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = __________ m

(6) આપેલ તારની લંબાઈ l = __________ m

કોષ્ટક E 1.1: વોલ્ટમીટર અને મિલિએમીટરનાં અવલોકનો

ક્રમ નં.	લાગુ પાડેલ વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત [વોલ્ટમીટરનું અવલોકન V (V)]	તારમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ [મિલિએમીટરનું અવલોકન I (mA)]
	V	I
1		
2		
--		
6		

ગણતરીઓ

(1) આકૃતિ E 1.1 માં દર્શાવ્યા અનુસાર તારના બે છેડા વચ્ચેના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત (V) અને તેમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહ (I)નો આલેખ દોરો.

(2) આલેખનો ઢાળ નક્કી કરો. આપેલ તારનો અવરોધ એ ઢાળના વ્યસ્ત જેટલો થશે.

આલેખ પરથી $R = \frac{\text{BC}}{\text{AB}} =$ __________ Ω

(3) આપેલ તારની એકમ લંબાઈ દીઠ અવરોધ = $\frac{R}{l}$ = ________ Ωm^{-1}.

ત્રુટિ

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} = ________ \quad \text{(E 1.4)}$$

અહીં, R એ એકમ લંબાઈ દીઠ અવરોધ અને ΔR એ અંદાજિત ત્રુટિ છે. ΔV અને ΔI એ અનુક્રમે વોલ્ટમીટર અને એમીટરના લઘુત્તમ માપ છે.

પરિણામ

(1) આપેલ તારના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત એ વિદ્યુતપ્રવાહ સાથે રેખીય રીતે બદલાય છે.

(2) તારનો એકમ લંબાઈ દીઠ અવરોધ $(R \pm \Delta R)$ = (_____ ± ____ Ωm^{-1}).

સાવચેતીઓ

(1) પરિપથમાં વોલ્ટમીટર સમાંતરમાં અને એમીટર શ્રેણીમાં જોડાયેલ હોવું જોઈએ. વિદ્યુતપ્રવાહ ધન છેડા પર દાખલ થાય અને ઋણ છેડા પર બહાર નીકળે છે તે પણ ચકાસો.

(2) તારમાં સતત વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહને લીધે તારને બિનજરૂરી ગરમ થતો રોકવા માટે, જ્યારે અવલોકનો લેતા હોય ત્યારે જ કળ ભરાવો.

(3) માપનનાં સાધનો (વોલ્ટમીટર, એમીટર, માપપટ્ટી)માં શૂન્ય ત્રુટિનું જ્ઞાન મેળવીને એમીટર અને વોલ્ટમીટરના કિસ્સામાં ડિસમિસ (સ્ક્રૂ ડ્રાઈવર)ની મદદથી દર્શકના નીચેના છેડે આપેલા સ્ક્રૂની ગોઠવણીની મદદથી દૂર કરી શકાય છે.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) ઉપયોગમાં લીધેલ તાર સમાન આડછેદ ધરાવતો ન હોઈ શકે.

(2) અવરોધક તારની લંબાઈ વોલ્ટમીટરના એક છેડાથી બીજા છેડા સુધીની માપવી જોઈએ. વોલ્ટમીટરના છેડાઓ પાસે વીંટળાયેલ તારની લંબાઈને ધ્યાનમાં લઈએ, તો તે લંબાઈના માપનમાં ત્રુટિ આપી શકે છે.

ચર્ચા

અવરોધએ ઓહ્મના નિયમને અનુસરે છે. તેમ છતાં, બધાં જ વાહક સાધનો ઓહ્મના નિયમને અનુસરતા નથી. જેમ કે ડાયોડ, થાઈરિસ્ટર વગેરે. આ બધા બિનઓહ્મીક અવરોધકો ગણાય છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) પરિપથમાં વોલ્ટમીટર હંમેશાં સમાંતરમાં અને એમીટર હંમેશાં શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે, શા માટે ? શું તેઓને વિરુદ્ધ પ્રકારે જોડવામાં આવે, તો તે મુજબના પ્રાચલો નોંધશે ?