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.

રાજ્ય સરકારની વિનામૂલ્યે યોજના હેઠળનું પુસ્તક

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.

પી. ભારતી (IAS)
નિયામક — કાર્યવાહક પ્રમુખ
તા. 04-11-2019 — ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2019 પુનઃમુદ્રણ : 2020

પ્રકાશક : ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, 'વિદ્યાયન', સેક્ટર ૧૦-એ, ગાંધીનગર વતી પી. ભારતી, 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 પોટૅન્શિયોમીટરનો ઉપયોગ કરી આપેલા બે પ્રાથમિક કોષ (ડેનિયલ અને લેક્લાન્સે કોષ)ના વિદ્યુત ચાલક બળ(emf) સરખાવો. 42

E5 પોટૅન્શિયોમીટરનો 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 *υ* અથવા 1/*u* અને 1/ *υ* 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 જંક્શનની 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 – (A) ડાયોડ કાર્યરત અવસ્થામાં છે કે નહિ તે ચકાસવું અને ડાયોડના એકદિશ પ્રવાહના વહનને ચકાસવું. (B) ટ્રાન્ઝિસ્ટરના ઍમિટર, બેઝ અને કલેક્ટરને ઓળખવા.	174

(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) ઇન્ડક્ટર (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 ઇલેક્ટ્રોસ્ટેટિક 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 ફ્યૂઝ 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) ચોક્સાઈપૂર્વક અવલોક્ન 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) અવલોક્ન નોંધતી વખતે સાચો ક્રમબદ્ધ અનુસરે.

(iii) પદ્ધતિસર શૈલીથી સાવચેતીપૂર્વક અવલોક્ન નોંધે.

(iv) દરેક અવલોક્ન 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) માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ અને વર્નિયર કેલીપર્સમાં શૂન્ય ત્રુટિ (ii) 'તીવ્ર નકારાત્મક' (backlash) ત્રુટિ. જ્યારે માઇક્રોસ્કોપના 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 ઇન્ડેક્સ 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,

$$Z = A \cdot B$$

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

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

$= A_0 B_0 [1 \pm (f_a \pm f_b)]$ [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 અચોક્સાઈ 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, $\frac{1g}{1kg}$ 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

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

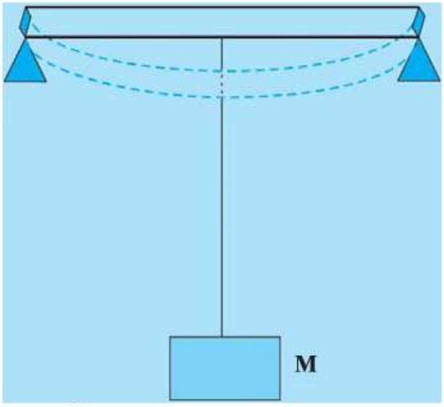
દરેક ભૌતિક રાશિઓમાં સાપેક્ષ ત્રુટિઓની ગણતરી બાદ, હવે આપણે Y માં સાપેક્ષ ત્રુટિની ગણતરી કરીએ તો,

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

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

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

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

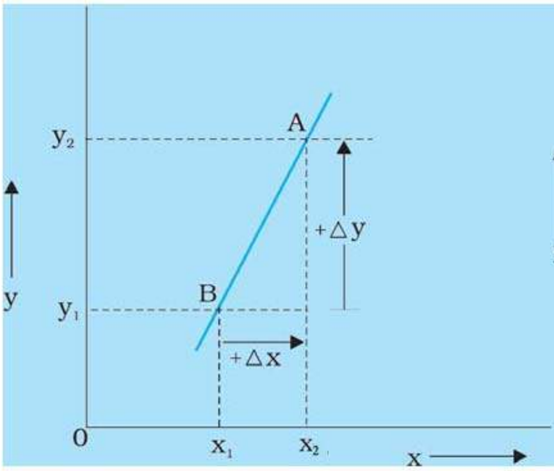
(x) માહિતીના બધા બિંદુઓ મૂકાઈ જાય પછી, રૂઢિગત રીતે હાથથી સરળ વક્ર દોરવો કે જેથી મોટા ભાગનાં બિંદુઓ તેની પર કે તેની નજીક અને બાકીના બધા તેની આજુબાજુ સમાન રીતે વહેંચાઈ જાય. હવેના સમયમાં આપેલ માહિતીનો આલેખ દોરવા કમ્પ્યુટરનો ઉપયોગ થાય છે.

I 1.7.1 સુરેખ આલેખનો ઢાળ

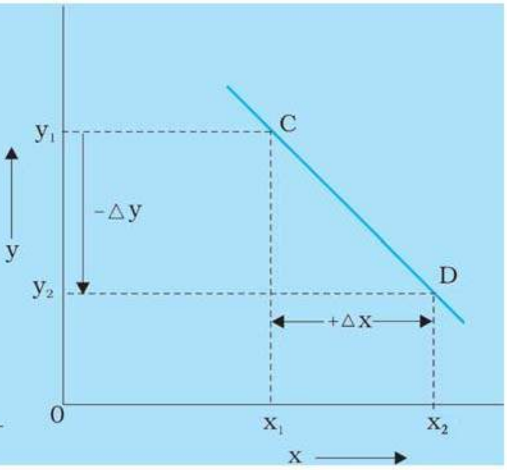
સુરેખ આલેખનો ઢાળ m નીચેની રીતે વ્યાખ્યાયિત થાય છે.

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

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



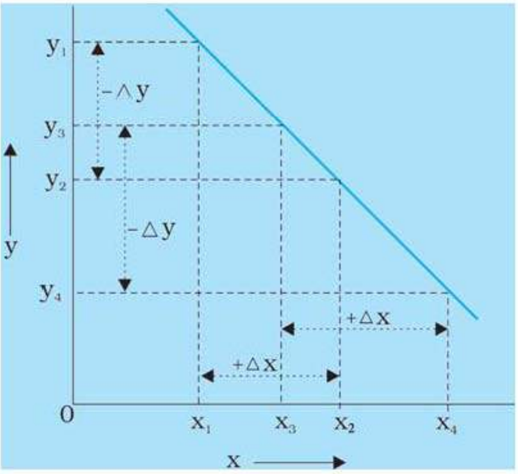
આકૃતિ I 1.2 : ઢાળનું મૂલ્ય ધન



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.**

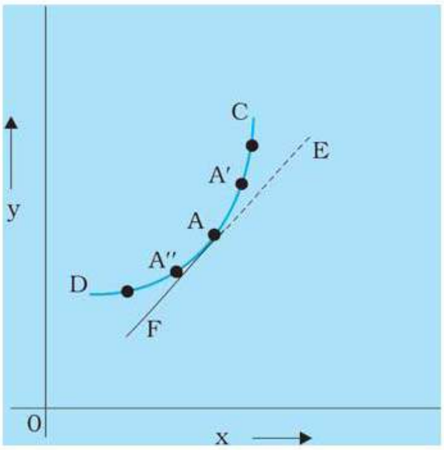
જ્યારે ઢાળની ગણતરી કરતા હોઇએ ત્યારે, X–અક્ષ પરનો ભાગ પૂરતી લંબાઈનો રાખો અને તે ચલની રાઉન્ડ કિંમત રજૂ કરે તેનું ધ્યાન રાખો. તેને અનુરૂપ Y–અક્ષ પરના ચલનો અંતરાલ (ભાગ) માપો અને ઢાળની ગણતરી કરો. સામાન્ય રીતે, ઢાળની કિંમતમાં બેથી વધારે સાર્થક અંક ન હોવા જોઈએ. ઢાળની કિંમત અને અક્ષ પરના અંતઃખંડ જો હોય તો, આલેખ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

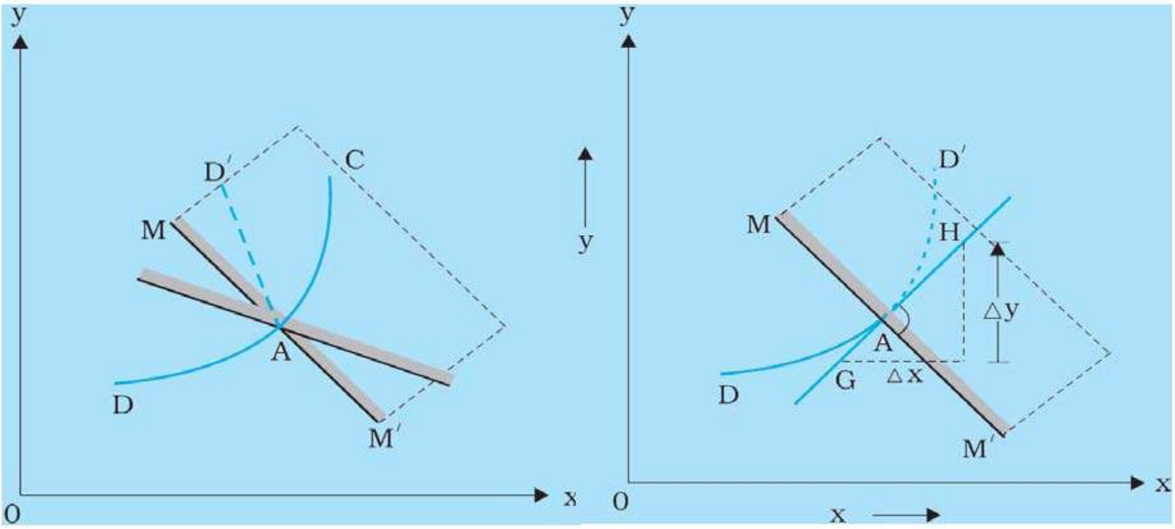
ઉપરના મુદ્દામાં દર્શાવ્યું છે તે મુજબ સુરેખ આલેખનો ઢાળ દરેક બિંદુ પાસે સમાન મૂલ્ય ધરાવે છે. જ્યારે આ બાબત વક્ર માટે સાચી નથી. આકૃતિ I 1.5માં દર્શાવ્યા અનુસાર, વક્ર CDના ઢાળનું મૂલ્યબિંદુ A′, A, A″ વગેરે બિંદુ પાસે જુદુ જુદુ હશે.



આકૃતિ I 1.5 **: બિંદુ A પાસે સ્પર્શક**

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.

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 ચોક્કસાઈનું 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,

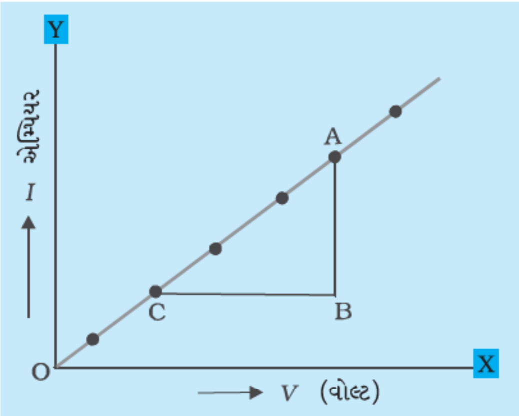
$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad \text{(E 1.2)}$$

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***

$$ઢાળ = \frac{1}{R}$$

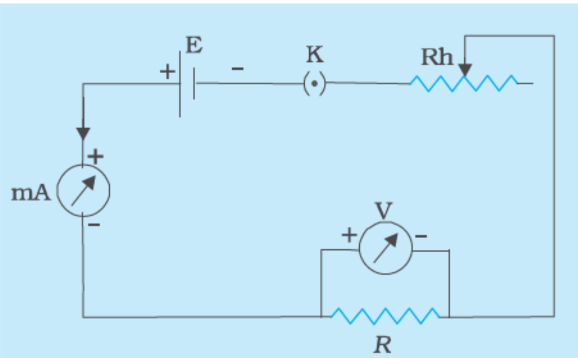
$$\Rightarrow R = \frac{1}{ઢાળ}$$

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 $R = \frac{BC}{AB} =$ _________ Ω

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

ત્રુટિ

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

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 ?

(2) વિદ્યુત-પરિપથમાં જુદાં-જુદાં ઘટકોને જોડવા માટે સામાન્ય રીતે કૉપર (તાંબા)ના તારનો ઉપયોગ શા માટે થાય છે ?

(3) પરિપથમાં લાંબા સમય સુધી સતત વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થવા દેવામાં આવે તો શું થાય ? શા માટે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) તારનો વ્યાસ અચળ રાખવામાં આવે ત્યારે તારની લંબાઈનો તેના અવરોધ પર અસરનો અભ્યાસ કરવો.

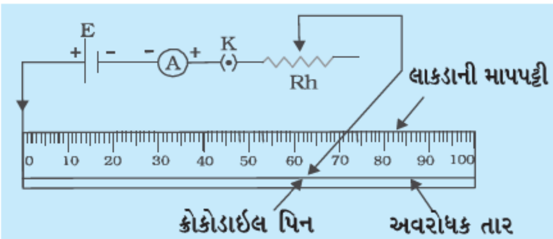
(2) બજારમાં પ્રાપ્ય હોય તેવા જુદા-જુદા SWG (પ્રમાણભૂત તાર-જાડાઈ - Standard wire gauge) ધરાવતા તારનો ઉપયોગ કરી તેમની લંબાઈ અચળ જાળવી રાખી તારના અવરોધ પર તારના વ્યાસની અસરનો અભ્યાસ કરવો.

(3) જુદા-જુદા દ્રવ્યના બનેલા તારની અવરોધકતાનો અભ્યાસ કરવો. શું આ બધા તાર માટે અવરોધકતા સમાન છે ?

(4) સમાન દ્રવ્યમાંથી બનેલ બે એકરૂપ તારની લંબાઈ સમાન છે. જેમાંથી એક તારના વર્તુળાકાર આડછેદનું ક્ષેત્રફળ A છે. જ્યારે બીજા તારનો આડછેદ વર્તુળાકાર નથી પરંતુ આડછેદનું ક્ષેત્રફળ A છે. શું તેઓના અવરોધ સમાન હશે ?

(5) ટૉર્ચના બલ્બના ફિલામેન્ટ માટે વોલ્ટેજ અને પ્રવાહના સંબંધનો અભ્યાસ કરવો.

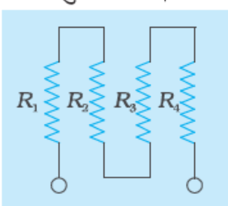
(6) આકૃતિ E 1.3માં દર્શાવ્યા મુજબ પરિપથ જોડો.



આકૃતિ E 1.3

ક્રોકોડાઈલ પિનને 10, 20, 30....... cm આગળ જોડીને એમીટરનું અવલોકન I નોંધો. $\frac{1}{I}$ અને *l* વચ્ચેનો આલેખ દોરો. તેનો ઢાળ શોધો અને તેના પરિણામનું અર્થઘટન કરો. આ આલેખનો ઉપયોગ શું અવરોધક તારની એકરૂપતા ચકાસવા કરી શકાય ?

(7) ચાર અવરોધો R_1, R_2, R_3 અને R_4ને આકૃતિ E 1.4માં દર્શાવ્યા મુજબ ભેગા કરો. 6 Vના ઉદ્‌ગમ, એમીટર અને વોલ્ટમીટરનો ઉપયોગ કરી અવરોધોના આ સંયોજનને જોડીને વિદ્યુતપરિપથ પૂર્ણ કરો. દરેક અવરોધમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહ / વોલ્ટેજનું માપન કેવી રીતે કરશો ?



આકૃતિ E 1.4

પ્રયોગ 2

હેતુ

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

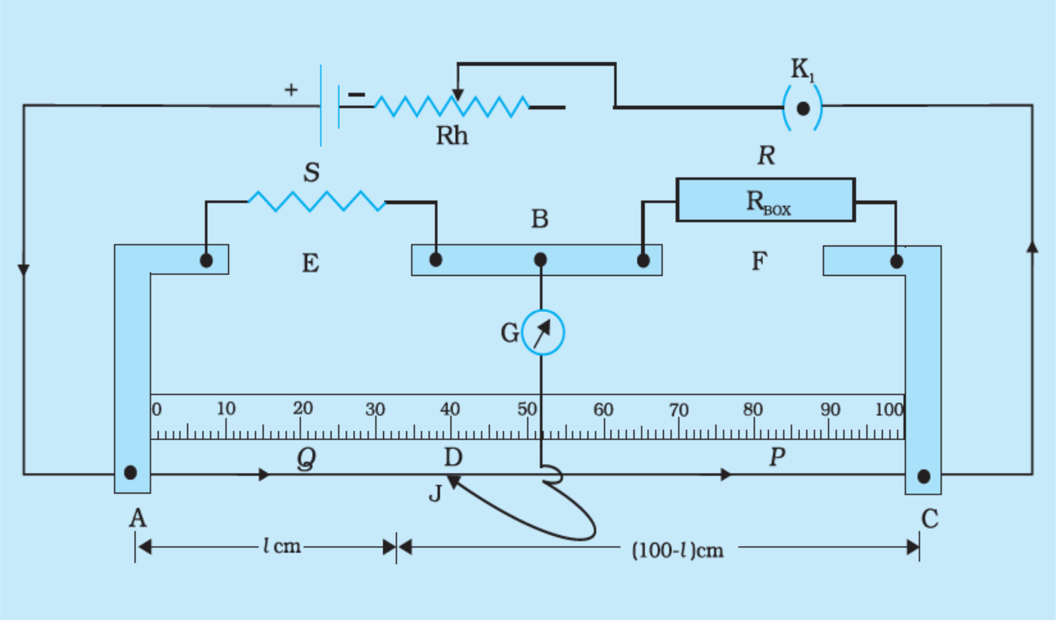
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

મીટરબ્રિજ, (જે દ્રવ્યનો વિશિષ્ટ અવરોધ નક્કી કરવો હોય તે દ્રવ્યનો) 1 m લાંબો તાર, અવરોધ પેટી, રીઓસ્ટેટ, ગૅલ્વેનોમીટર, જૉકી, એકમાર્ગી કળ, કોષ અથવા બૅટરી એલિમિનેટર, જોડાણ માટેના જાડા તાર, કાચપેપર, સ્ક્રૂગેજ.

સાધનનું વર્ણન

મીટરબ્રિજ :

તે લાકડાના પાટિયા પર માપપટ્ટી પર ગોઠવેલ કોન્સ્ટનટનના 1 મીટર લંબાઈનો સમાન આડછેદ ધરાવતો તાર AC ધરાવે છે. (આકૃતિ E 2.1) તારના બે છેડા ટર્મિનલ (જોડાણઅગ્ર) A અને C સાથે જોડેલા છે. કાટખૂણે વાળેલી ધાતુની જાડી પટ્ટીઓના ઉપયોગથી બે ખાલી જગ્યા (ભૂજા, gap) E અને F બનાવેલ છે કે જેમાં અવરોધો જોડીને વ્હીસ્ટન બ્રિજ બનાવાય છે. (આકૃતિ E 2.2) બે ગૅપની વચ્ચે



આકૃતિ E 2.1 મીટરબ્રિજ

જોડાણઅગ્ર (ટર્મિનલ) B છે જે ગૅલ્વેનોમીટર સાથે જોડવા માટે ઉપયોગમાં લેવાય છે અને ગૅલ્વેનોમીટરનો બીજો છેડો જૉકી J સાથે જોડાય છે.

સિદ્ધાંત

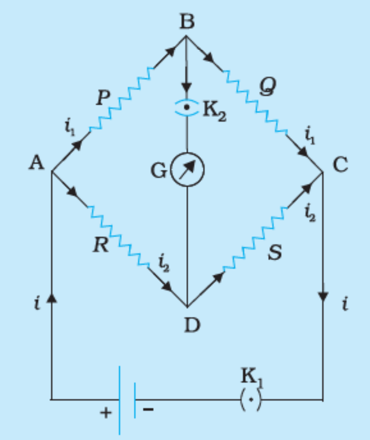
મીટરબ્રિજ એ વ્હીસ્ટન બ્રિજના સિદ્ધાંત ઉપર કાર્ય કરે છે. આકૃતિ E 2.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર તે ABCD નેટવર્કના સ્વરૂપમાં ચાર અવરોધો P, Q, R અને S ધરાવે છે. જોડાણઅગ્ર A અને Cને કોષના બે છેડાઓ સાથે કળ K_1 દ્વારા જોડવામાં આવે છે. જોડાણઅગ્ર B અને Dને સંવેદનશીલ ગૅલ્વેનોમીટર G સાથે કળ K_2 દ્વારા જોડવામાં આવે છે.

જો ગૅલ્વેનોમીટર G માં કોઈ આવર્તન ન મળે, તો વ્હીસ્ટન બ્રિજની સંતુલિત સ્થિતિમાં,

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S} \qquad \text{(E 2.1)}$$

જો P, Q અને R જ્ઞાત હોય, તો (E 2.1) સંબંધનો ઉપયોગ કરી S નક્કી કરી શકાય છે.

મીટરબ્રિજની ખાલી જગ્યા E માં અજ્ઞાત અવરોધ S અને ખાલી જગ્યા Fમાં અવરોધપેટી (R_{Box})ને જોડવામાં આવે છે. જોડાણઅગ્ર Bને ગૅલ્વેનોમીટર Gના એક છેડા સાથે જોડવામાં આવે છે. ગૅલ્વેનોમીટરનો બીજો છેડો જૉકી સાથે જોડવામાં આવે છે જે તાર AC પર સરકી શકે છે. ડીસી (dc) પ્રવાહના ઉદ્‌ગમને કળ K_1 દ્વારા A અને C વચ્ચે જોડવામાં આવે છે કે જેના વડે ACના બે છેડા વચ્ચે અચળ વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત પૂરો પાડી શકાય.



આકૃતિ E 2.2 : વ્હીસ્ટન બ્રિજ

ખાલી જગ્યા (ગૅપ) F માં જોડેલી અવરોધપેટી (R_{Box}) માંથી અનુરૂપ કળ કાઢીને જ્ઞાત મૂલ્યનો અવરોધ (અથવા તાર) દાખલ કરેલ છે. જૉકીને તાર AC ઉપર એવી રીતે ફેરવવામાં (સરકાવવામાં) આવે છે કે જેથી ગૅલ્વેનોમીટરમાં કોઈ આવર્તન ન મળે. જૉકીને જ્યારે તટસ્થબિંદુ તરીકે ઓળખાતા બિંદુ D પર મૂકતાં આવુ બને છે. આ પરિસ્થિતિમાં,

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}=\frac{\text{DC લંબાઈના તારનો અવરોધ}}{\text{AD લંબાઈના તારનો અવરોધ}} \qquad \text{(E 2.2)}$$

સમાન આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા તારનો અજ્ઞાત અવરોધ S નીચેના સૂત્ર દ્વારા આપી શકાય :

$$S = R \times \frac{l}{100-l} \qquad \text{(E 2.3)}$$

કેમ કે, સમાન આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા તાર માટે અવરોધ એ લંબાઈના સમપ્રમાણમાં છે.

આમ, l અને R જાણીને સમીકરણ (E 2.3) નો ઉપયોગ કરીને, અજ્ઞાત અવરોધ Sનું મૂલ્ય નક્કી કરી શકાય છે.

અવરોધકતા

આપેલ તારના દ્રવ્યની અવરોધકતા (વિશિષ્ટ અવરોધ)

$$\rho = \frac{S\,a}{L}$$

જ્યાં S એ L લંબાઈ ધરાવતા તારનો અવરોધ અને આડછેદનું ક્ષેત્રફળ $a = \pi r^2$, (r એ ત્રિજ્યા છે.)

પદ્ધતિ

(1) સ્ક્રૂગેજની મદદથી તારનો સરેરાશ વ્યાસ શોધો. આ પરથી તેની ત્રિજ્યાનું મૂલ્ય મેળવો.

(2) કાચપેપરના ટુકડાની મદદથી જોડાણ માટેના તારના છેડાઓ પાસે અવાહક આવરણ દૂર કરો. અવરોધ પેટીની દરેક કળને દબાવીને ચુસ્ત રીતે બંધ કરો.

(3) આકૃતિ E 2.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ગેપ E માં જાણીતી લંબાઈનો અજ્ઞાત અવરોધ રાખી પરિપથ તૈયાર કરો.

(4) પછી, અવરોધપેટીમાંથી અવરોધ R કાઢો. જૉકીને પ્રથમ જોડાણઅગ્ર (ટર્મિનલ) A સાથે સંપર્ક કરાવો અને પછી જોડાણઅગ્ર C સાથે સંપર્ક કરાવો. દરેક કિસ્સામાં ગૅલ્વેનોમીટરના દર્શકનું આવર્તન કઈ દિશામાં મળે છે તે નોંધો. જૉકી J તાર સાથે ખૂબ ઓછા સમય માટે સંપર્કમાં રહે તેની ખાતરી રાખો. જો જૉકીના આ બે છેડાના સંપર્ક દરમિયાન ગૅલ્વેનોમીટર શૂન્યના ચિહ્નની બંને બાજુ આવર્તન દર્શાવે, તો તાર AC પર કોઈ બિંદુ પાસે તટસ્થબિંદુ મેળવી શકાય. જો આવું ન થતું હોય તો, અવરોધ R એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તાર AC પર લગભગ મધ્યમાં એટલે કે 30 cm અને 70 cmની વચ્ચે તટસ્થ બિંદુ મળે.

(5) જો એક જ બાજુ આવર્તન મળે તો, પરિપથમાં ફરીથી ખાસ કરીને જોડાણો તેમની સાતત્યતા માટે ચકાસો.

(6) અવરોધ Rનાં જુદાં-જુદાં ચાર મૂલ્યો માટે પદ 4 પુનરાવર્તિત કરો.

(7) અવરોધો S અને Rના સ્થાન બદલો અને Rનાં 5 સમાન મૂલ્યો માટે પદ 4 થી 6 પુનરાવર્તિત કરો. જ્યારે S અને Rના સ્થાન બદલો ત્યારે ખાત્રી કરો કે સમાન લંબાઈ ધરાવતો અવરોધ S, હવે ગૅપ (ખાલી જગ્યા) F માં છે. આ અદલાબદલી જોડાણઅગ્રો દ્વારા દાખલ થતા અવરોધની અસરની કાળજી રાખવા માટે છે.

અવલોકનો

(1) અજ્ઞાત અવરોધના તારની લંબાઈ, L = ... cm

(2) અજ્ઞાત અવરોધના તારના વ્યાસનું માપન

સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ (L.C.) = ... mm

સ્ક્રૂગેજની શૂન્ય ત્રુટિ = ... mm

સ્ક્રૂગેજની શૂન્ય ત્રુટિનો સુધારો = ... mm

કોષ્ટક E 2.1 તારનો વ્યાસ

ક્રમ નં.	એક બાજુનાં અવલોકન			પરસ્પર લંબ દિશાનાં અવલોકનો			સરેરાશ વ્યાસ
	મુખ્ય માપક્રમનું અવલોકન P (mm)	વર્તુળાકાર માપક્રમનો એકરેખસ્થ થતો વિભાગ n	વ્યાસ $d_1 = P + n \times$ L.C. (mm)	મુખ્ય માપક્રમનું અવલોકન P' (mm)	વર્તુળાકાર માપક્રમનો એકરેખસ્થ થતો વિભાગ n'	વ્યાસ $d_2 = P' + n' \times$ L.C. (mm)	$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ (mm)
1							
2							
3							

સરેરાશ વ્યાસ (શૂન્ય ત્રુટિના સુધારા સાથે) = ... mm

તારની ત્રિજ્યા r = ... mm

કોષ્ટક E 2.2 : અજ્ઞાત અવરોધ

ક્રમ નં.	ડાબી ભૂજામાં S					જમણી ભૂજામાં S									
	અવરોધ R Ω (ohm)	તટસ્થ બિંદુનું સ્થાન D (cm)	તટસ્થ બિંદુ માટેની લંબાઈ $(AD=l)$ (cm)	લંબાઈ DC = 100 – l (cm)	$S_1 = R \times \frac{l}{100-l}$ Ω (ohm)	તટસ્થ બિંદુનું સ્થાન D' (cm)	તટસ્થ બિંદુ માટેની લંબાઈ AD′ = l' (cm)	લંબાઈ D′C = 100 – l' (cm)	$S_2 = R \times \frac{100-l'}{l'}$ Ω (ohm)	સરેરાશ અવરોધ $S = \frac{S_1 + S_2}{2}$ Ω (ohm)	ρ Ω m	ΔS_1 Ω	ΔS_2 Ω	ΔS Ω	Δρ Ωm
1															
2															
—															
5															
									સરેરાશ						

ગણતરીઓ

L = ... cm, r = ... mm, S = ... Ω

$\rho = S\frac{\pi r^2}{L}$ માં આ કિંમતો મૂકી ρ નું મૂલ્ય Ωm માં ગણો.

ત્રુટિ

(E 2.4) $$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta S}{S} + \frac{2\Delta r}{r} + \frac{\Delta L}{L}$$

ત્રુટિઓ Δr અને ΔL તેમના માપન માટેનાં સાધનોના લઘુત્તમ માપ છે અને ત્રુટિ ΔS નીચેનાં સમીકરણો દ્વારા મેળવાતી મહત્તમ કિંમત છે.

(E 2.5) $$\Delta S_1 = \left[\frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta l}{(100 - l)}\right] S_1$$

(E 2.6) $$\Delta S_2 = \left[\frac{\Delta l'}{l'} + \frac{\Delta l'}{(100 - l')}\right] S_2$$

જો એવું ધારી લેવામાં આવે કે અવરોધપેટીમાં જે અવરોધ દર્શાવેલ છે તેટલો જ અવરોધ લાગતો હોય, તો $\Delta R = 0$

તેથી મહત્તમ ત્રુટિ $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$

પરિણામ

(1) આપેલા તારનો શોધેલો અજ્ઞાત અવરોધ

$S \pm \Delta S$ = ... ± .... Ω.

(2) તારના દ્રવ્યની અવરોધકતા $\rho \pm \Delta\rho$ = ... ± .... Ωm.

અહીં S અને ρ એ સરેરાશ મૂલ્યો છે. ΔS અને $\Delta\rho$ એ ત્રુટિનાં પાંચ મૂલ્યોમાંથી મહત્તમ મૂલ્ય છે.

સાવચેતીઓ

(1) બધાં જ જોડાણો અને પ્લગ ચુસ્ત હોવાં જોઈએ.

(2) મીટરબ્રિજના તાર પર જૉકી સરળતાથી સરકવી જોઈએ.

(3) અવલોકનો લેતા હોય તે સમયે જ કળ K_1 ભરાવેલી હોવી જોઈએ.

(4) તટસ્થબિંદુ તારની મધ્યમાં (30 cm થી 70 cm) હોવું જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) મીટરબ્રિજનો તાર સમાન આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતો ન પણ હોય.

(2) તાંબાની પટ્ટીઓના છેડાના અવરોધો, જોડાણઅગ્રોના અવરોધોની અસર, માપનમાં અસર કરી શકે છે.

(3) જ્યારે તારને ગૅપ (ખાલી જગા) E અથવા F માં જોડવામાં આવે ત્યારે જોડાણઅગ્રોની નીચેના તારની લંબાઈ ગણતરીમાં આવતી નથી.

(4) ધાતુની પટ્ટીઓ / છેડાના અવરોધો અવગણી શકાય નહિ તેને લીધે અવરોધમાં ઉદ્‌ભવતી ત્રુટિ ગૅપ (ખાલી જગા) E અને Fમાં જ્ઞાત અને અજ્ઞાત અવરોધોની અદલાબદલી કરીને ઘટાડી શકાય છે.

(5) મીટરબ્રિજનો તાર પૂર્ણપણે ખેંચાયેલ (તંગ) ન હોય અને આ તાર મીટરબ્રિજની માપપટ્ટી પર ગોઠવાયેલ ન હોય, તો લંબાઈ l અને l' ના માપનમાં ત્રુટિ આવી શકે છે.

(6) ગૅલ્વેનોમીટરમાંથી જ્યારે પ્રવાહ પસાર થતો ન હોય, ત્યારે તેનો દર્શક શૂન્ય પર હોવો જોઈએ. તેમ છતાં, ઘણી વખત એવું જોવા મળે છે કે તે શૂન્ય પર હોતો નથી. આવા કિસ્સામાં સ્ક્રૂ ડ્રાઈવર (ડિસમિસ)ની મદદથી દર્શકની માપપટ્ટીની નીચે આવેલા સ્ક્રૂને મૃદુતા (હળવે)થી ફેરવીને દર્શકને શૂન્ય પર ગોઠવવો જોઈએ. નહિતર જૉકીને તાર પર સરળતાથી પછાડીને તટસ્થબિંદુ મેળવવું જોઈએ.

ચર્ચા

(1) R અને Sનું એવું સંયોજન પસંદ કરવામાં આવે છે કે જેથી તટસ્થબિંદુ મીટરબ્રિજના તારના મધ્યબિંદુની નજીક આવે. શા માટે ? શું જ્યારે R અને S સમાન ક્રમના અવરોધ હોય, ત્યારે તટસ્થબિંદુ શોધવાની સંવેદિતા મહત્તમ હોય છે ?

(2) કેટલી ચોક્સાઈથી તટસ્થ બિંદુ શોધી શકાય તે ઉપયોગમાં લીધેલા ગૅલ્વેનોમીટરની સંવેદિતા પર આધાર રાખે છે. આ તપાસવા માટે, ગૅલ્વેનોમીટરમાં માત્ર ખ્યાલ આવે તેટલું આવર્તન મળે તે માટે જોકીને જેટલું ખસેડવું પડે તે અંતર શોધો. આના કારણે મળતી ત્રુટિને કઈ રીતે લઘુત્તમ કરી શકાય ? શું આને વિદ્યુત સ્થિતિમાનના તફાવત સાથે કોઈ લેવા દેવા છે?

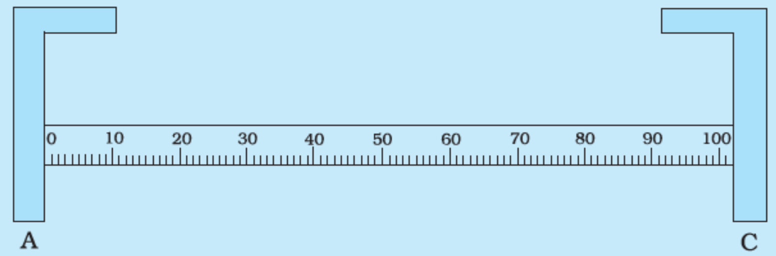
(3) જૉકીના સ્થાન માટેની લંબાઈ $l \pm 0.1$ cm સુધીની ચોક્સાઈથી માપો. આ પ્રકારની ત્રુટિથી પરિણામમાં કેટલી અચોક્સાઈ ઉદ્‌ભવી શકે ?

(4) જ્યારે અવલોકનો લેતા ન હોય ત્યારે તારમાં બિનજરૂરી ઉષ્મા ઉદ્‌ભવે નહીં તે માટે કળ ખુલ્લી રાખવાનું સલાહભરેલું છે. શા માટે ? આ ઉષ્માઊર્જા તટસ્થબિંદુ પર કેટલે અંશે અસર કરી શકે છે ? શું આ નોંધપાત્ર છે ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) બ્રિજના તારની લંબાઈ ચોક્કસ 100 cm હોતી નથી. આથી, તારની ચોક્કસ લંબાઈ નોંધો અને ગણતરીમાં તેનો ઉપયોગ કરો.

(2) જો મીટરબ્રિજનો તાર સમાન આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતો ન હોય, તો તે અવલોકનોને કેવી રીતે અસર કરી શકે ?



આકૃતિ E 2.3 *મીટરબ્રિજનો ખામીવાળો માપક્રમ*

(3) જો મીટરબ્રિજનો તાર સમાન ઘનતા ધરાવતા દ્રવ્યમાંથી બનાવેલ ન હોય, તો તે અવલોકનો પર કેવી અસર કરી શકે ?

(4) જો આ પ્રયોગમાં તાર ACની લંબાઈ 1 mને બદલે 50 cm ધરાવતા તારની મદદથી કરવામાં આવે, તો પરિણામમાં કેવો ફેરફાર ઉદ્ભવી શકે ?

(5) આકૃતિ E 2.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તાર સાથે જોડાયેલ માપપટ્ટી ચોક્કસ લંબાઈ દર્શાવતી ન હોય, તો તમે ત્રુટિને કઈ રીતે લઘુતમ કરશો ?

(6) મીટરબ્રિજનો ખૂબ જ મોટા કે ખૂબ જ નાના અવરોધ માપવા માટે કેમ ઉપયોગી નથી ?

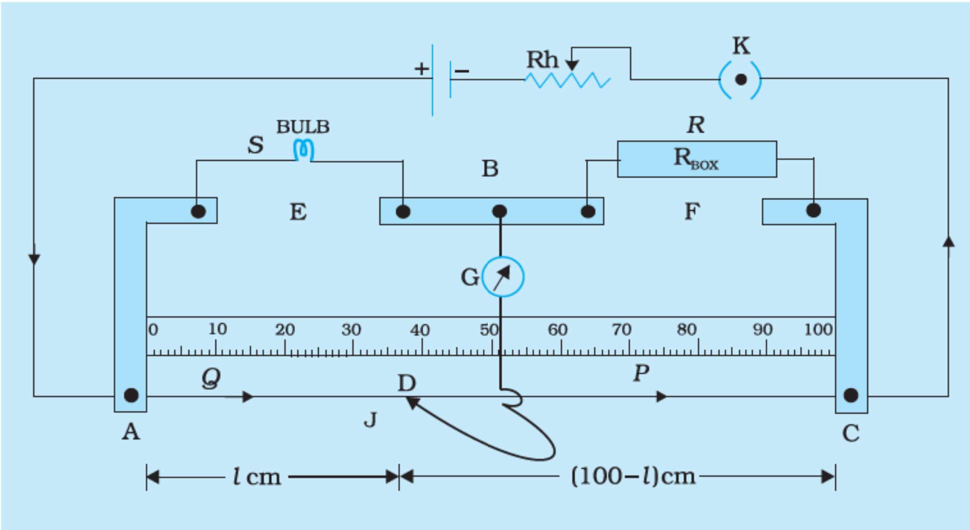
(7) તારના અવરોધનું માપન કરવા માટે ઓહ્મના નિયમ કરતાં મીટરબ્રિજ વાપરવો શા માટે વધારે હિતાવહ છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

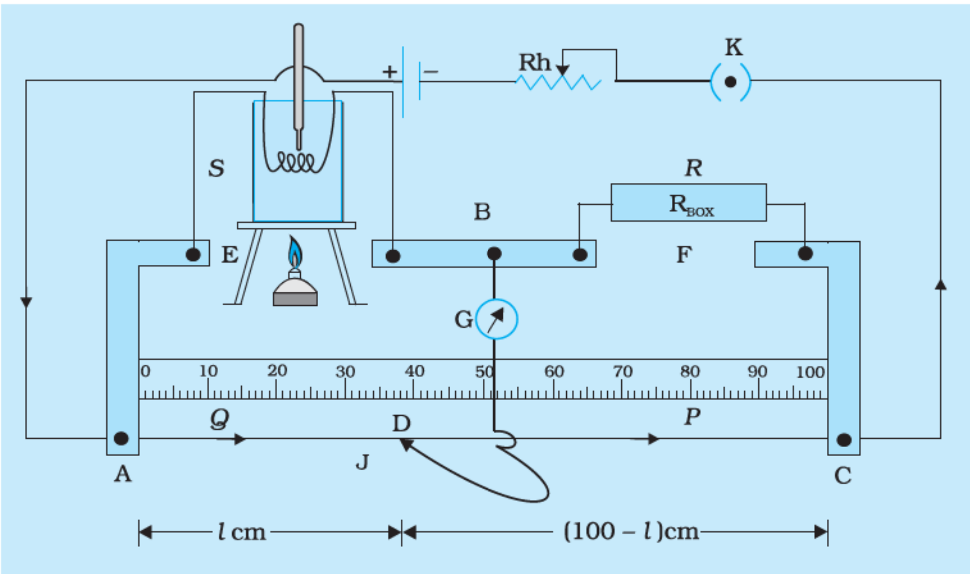
(1) આપેલા વોલ્ટેજ અને પાવર ધરાવતા વિદ્યુત ગોળા (બલ્બ)નો અવરોધ નક્કી કરો. કૉપરના બે તારના છેડે ક્રૉકોડાઈલ પિન જોડો. આકૃતિ E 2.4માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આ ગોળાને ખાલી જગ્યા (ગૅપ) Eમાં જોડવા માટે ઉપયોગમાં લો. તમે મેળવેલ અવરોધ એ સૈદ્ધાંતિક મૂલ્ય કરતાં શા માટે જુદો પડે છે ?

(2) તમે મેળવેલાં અવલોકનોનો ઉપયોગ કરી $\frac{(100-l)}{l}$ અને R વચ્ચેનો આલેખ દોરો. આ આલેખનો ઢાળ શોધો. તે શું દર્શાવે છે ?

(3) તારનો અવરોધ તાપમાન સાથે બદલાય છે. તેનો અભ્યાસ મીટરબ્રિજનો ઉપયોગ કરી તમે કરી શકશો. દિવેલ ભરેલા બીકર, યોગ્ય થરમૉમીટર (0– 300°C) અને જાણીતી લંબાઈ ધરાવતા અવરોધક તારનો તમે ઉપયોગ કરી શકો. પ્રયોગ માટેની ગોઠવણી આકૃતિ E 2.5માં દર્શાવેલ છે, તેનો ઉપયોગ કરી શકો.



આકૃતિ *E 2.4*



આકૃતિ *E 2.5*

પ્રયોગ 3

હેતુ

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

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

મીટરબ્રિજ, સંવેદનશીલ ગૅલ્વેનોમીટર, બે જુદાં-જુદાં અવરોધો (કાર્બન અથવા તાર વીંટાળેલા (Wire Wound) અવરોધકો), અવરોધપેટી, જૉકી, રીઓસ્ટેટ, કળ, કોષ અથવા બૅટરી એલિમિનેટર, જોડાણ માટેના જાડા તાર અને કાચપેપરનો ટુકડો

સિદ્ધાંત

જ્યારે બે અવરોધો R_1 અને R_2ને શ્રેણી-જોડાણમાં જોડવામાં આવે, તો સંયોજનનો અવરોધ R_S નીચેના સૂત્ર દ્વારા આપી શકાય :

(E 3.1)

$$R_S = R_1 + R_2$$

જ્યારે તેમને સમાંતરમાં જોડવામાં આવે ત્યારે, સંયોજનનો અવરોધ R_P નીચેના સૂત્ર દ્વારા આપી શકાયઃ

(E 3.2)

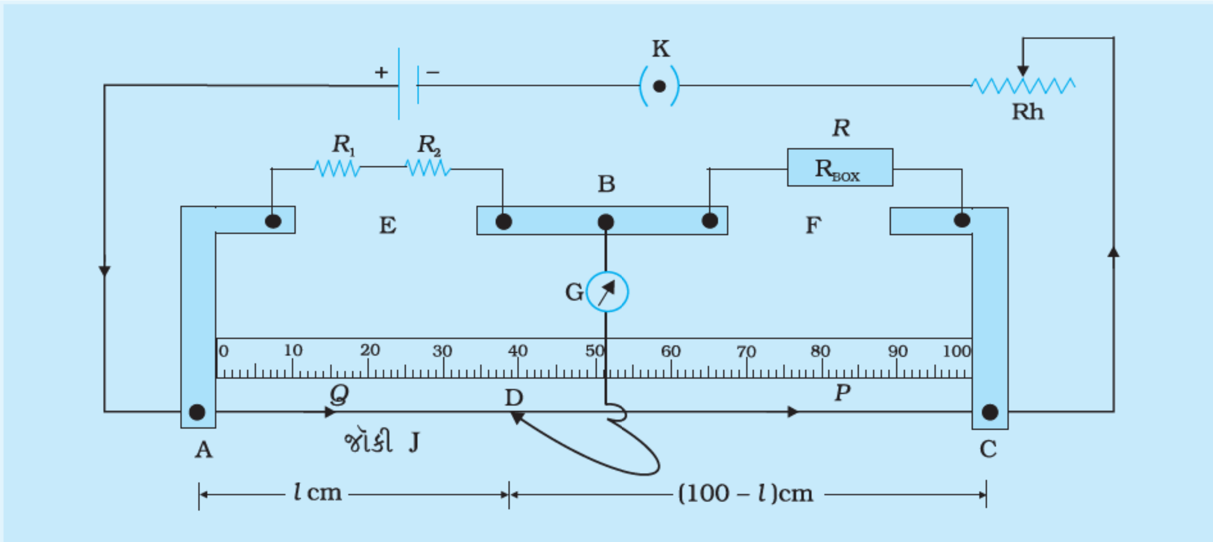
$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ E 3.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પરિપથ તૈયાર કરો.

(2) અવરોધપેટી (R_{BOX})માંની દરેક કળને ફેરવી અને દબાવીને ચુસ્ત રીતે બંધ કરો અને ખાતરી કરી લો કે દરેક કળ સારા વિદ્યુતીય સંપર્કમાં ગોઠવાય. જોડાણ માટેના તારના છેડાઓને જોડતાં પહેલાં કાચપેપરની મદદથી સાફ કરો.

(3) અવરોધપેટીમાંથી યોગ્ય મૂલ્યનો અવરોધ R મેળવવા કેટલીક કળ દૂર કરો. (ખેંચી કાઢો.) પ્રયોગ *2*માં કર્યા મુજબ મીટરબ્રિજના તાર પર જૉકીને સરકાવીને A અને C છેડાઓની વચ્ચે તટસ્થ બિંદુ મેળવો.

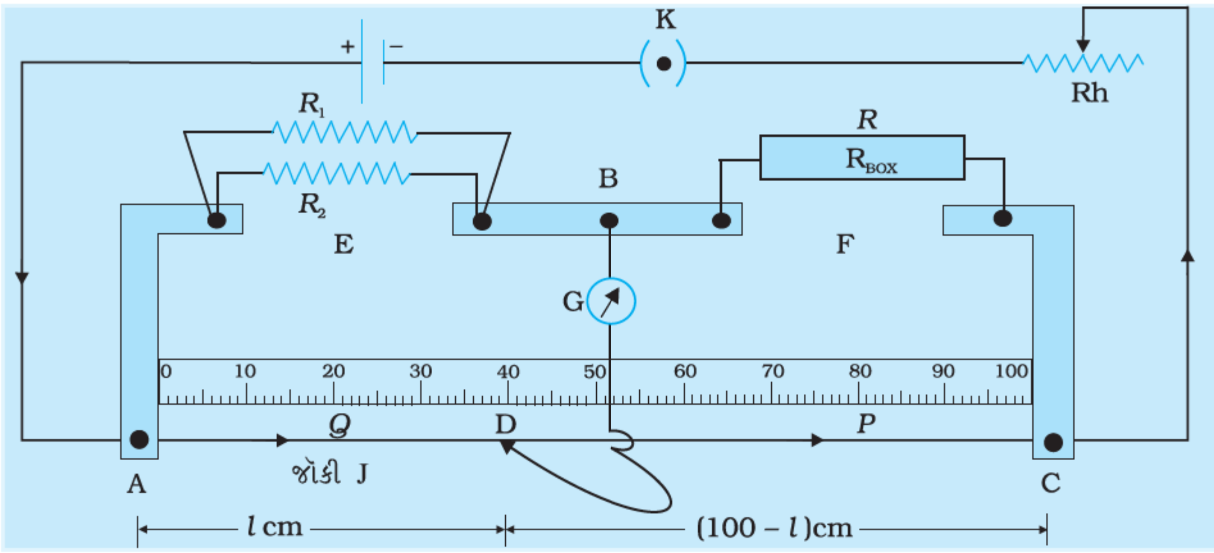


આકૃતિ E 3.1 મીટરબ્રિજની એક ભૂજામાં અવરોધો R_1 અને R_2નું શ્રેણી-જોડાણ

(4) અવલોકન-કોઠામાં અવરોધ R અને લંબાઈ AD અને DCનાં મૂલ્યો નોંધો.

(5) કોઠા E 3.1માં દર્શાવ્યા મુજબ શ્રેણી-જોડાણ માટેના સમતુલ્ય અવરોધ (X)ના પ્રાયોગિક મૂલ્યની ગણતરી કરો.

(6) અવરોધ Rનાં ચાર મૂલ્યો માટે પ્રયોગ ફરીથી કરો. અજ્ઞાત અવરોધનું સરેરાશ મૂલ્ય મેળવો.



આકૃતિ E 3.2 મીટરબ્રિજની એક ભૂજામાં અવરોધો R_1 અને R_2નું સમાંતર જોડાણ

(7) આકૃતિ E 3.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર R_1 અને R_2 અવરોધોને સમાંતર જોડાણમાં જોડી પદ 2 થી 6નું પુનરાવર્તન કરો અને અવરોધોના સમાંતર જોડાણ માટેના સમતુલ્ય અવરોધ (X)ના પ્રાયોગિક મૂલ્યની ગણતરી કરો.

અવલોકનો

કોઠો E 3.1 : અવરોધોના શ્રેણી અને સમાંતર જોડાણ

	ક્રમ	અવરોધ R (ohm)	લંબાઈ AD = l (cm)	લંબાઈ DC, $l' = 100 - l$ (cm)	અજ્ઞાત અવરોધ X (R_S or R_P) $= \frac{R \times l}{l'}$ (ohm)	ΔR_S અથવા ΔR_P (ohm)
R_1 અને R_2નું શ્રેણી જોડાણ, R_S	1					
	2					
	--					
	5					
					સરેરાશ R_s=	
R_1 અને R_2નું સમાંતર જોડાણ, R_P	1					
	2					
	--					
	5					
					સરેરાશ R_p=	

ગણતરીઓ

(1) અવરોધોના શ્રેણી-જોડાણનું સૈદ્ધાંતિક અંદાજિત મૂલ્ય. $R_S = R_1 + R_2$

નોંધો કે R_1 અને R_2 અવરોધનાં મૂલ્યો કાર્બન અવરોધકો માટે વર્ણસંકેત પરથી મેળવી શકાય અથવા નિક્રોમ, કોન્સ્ટનટન જેવાં દ્રવ્યોના તારમાંથી બનાવેલ અવરોધ માટે મૂલ્ય આપેલા હોય છે.

(2) અવરોધોના સમાંતર જોડાણનું સૈદ્ધાંતિક અંદાજિત મૂલ્ય $R_P = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

ત્રુટિ

ત્રુટિઓના અંદાજમાં, આપણે R માં ત્રુટિને શૂન્ય ધારી લીધેલ છે એટલે કે અવરોધપેટીમાંના અવરોધનું મૂલ્ય જેટલું તેના પર દર્શાવેલ છે તેટલું જ છે તેવું અપેક્ષિત છે.

(E 3.3)

આવા દરેક કિસ્સામાં $\dfrac{\Delta R_s}{R_s} = \dfrac{\Delta l}{l} + \dfrac{\Delta l'}{l'}$

જ્યાં R_S, l અને l' નાં મૂલ્યો અવલોકન-કોઠા E 3.1માંથી લેવામાં આવે છે. Δl, $\Delta l'$ એ મીટરબ્રિજ ઉપરની માપન માટેની માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ દર્શાવે છે.

એટલે કે $\Delta R_s = R_s \left[\frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta l'}{l'}\right]$ (E 3.4)

તે જ રીતે $\Delta R_p = R_p \left[\frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta l'}{l'}\right]$ (E 3.5)

ΔR_s અને ΔR_pનાં પાંચ મહત્તમ મૂલ્યોને ત્રુટિના અંદાજ તરીકે રજૂ કરી શકાય છે. સમીકરણ (E 3.4) અને (E 3.5) પરથી જોઈ શકાય છે કે જો સંતુલનની લંબાઈઓ $l \approx l'$ હોય તો ત્રુટિ લઘુત્તમ બને છે.

આથી તટસ્થબિંદુ એ તાર ACના મધ્ય ભાગમાં મેળવવામાં આવે છે. આ માટે, અવરોધપેટીમાંથી એવો અવરોધ કાઢવો જરૂરી છે કે જેથી ડાબી અને જમણી ભૂજામાં ના અવરોધો સરખાવી શકાય તેવા હોય.

પરિણામ

કોષ્ટક E 3.2 : અવરોધનાં સૈદ્ધાંતિક અને પ્રાયોગિક મૂલ્યો

	સૈદ્ધાંતિક અપેક્ષિત અવરોધ (Ω)	પ્રાયોગિક મેળવેલ અવરોધ (Ω)
શ્રેણી-જોડાણ	$R_1 + R_2$	$R_s \pm \Delta R_s$
સમાંતર જોડાણ	$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	$R_p \pm \Delta R_p$

R_s અને R_p એ R_1 અને R_2 અવરોધોના અનુક્રમે શ્રેણી અને સમાંતર જોડાણના સમતુલ્ય અવરોધોનું સરેરાશ મૂલ્ય છે.

સાવચેતીઓ

(1) બધાં જોડાણ અને કળ ચુસ્ત રીતે બંધ હોવા જોઈએ.

(2) મીટરબ્રિજના તાર પર જૉકી મૃદુતાથી ફેરવવી જોઈએ.

(3) અવરોધપેટીમાંની કળ સમઘડી દિશામાં પરિભ્રમણ કરાવીને ચુસ્ત રીતે બંધ કરવી.

(4) તટસ્થબિંદુ તારના મધ્ય ભાગમાં (30 cm થી 70 cm) હોવું જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) જૉકીને મીટરબ્રિજના તાર ઉપર વધુ પડતી સખત ન દબાવો નહિતર, સમયગાળે તે તાર અસમાન આડછેદવાળો બની શકે છે.

(2) જો મીટરબ્રિજનો તાર ખેંચાયેલો ન હોય અને મીટરબ્રિજની માપપટ્ટી પર ન હોય તો l અને l' ના માપનમાં ત્રુટિ ઉદ્ભવી શકે.

(3) જો પૂરતા લાંબા સમય સુધી મોટા ક્રમનો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે તો, તાર AC ગરમ થઈ શકે અને પ્રયોગ દરમિયાન તેના અવરોધમાં નોંધપાત્ર ફેરફાર થઈ શકે.

(4) ગૅલ્વેનોમીટરમાંથી જ્યારે વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થતો ન હોય ત્યારે તેનો દર્શક શૂન્ય પર રહેવો જોઈએ. તેમ છતાં, ઘણી વખત એવું જોવા મળે છે કે આવું થતું નથી. આવા કિસ્સાઓમાં, સ્ક્રૂ ડ્રાઈવરની મદદ વડે દર્શકની નીચે આપેલા સ્ક્રૂને હળવેથી ફેરવીને શૂન્ય પર ગોઠવો. નહિતર તાર AC પર જૉકીને સરકાવીને તટસ્થ બિંદુ મેળવો અને તે અવલોકિત બિંદુએ જૉકીને તાર પર ટપારતાં, ગૅલ્વેનોમીટરમાં કોઈ પણ આવર્તન ન મળે.

(5) ઘણી વખત, અવરોધપેટીમાંના અવરોધ તેની પર નિર્દેશ કરેલ કિંમત જેટલો અવરોધ આપતા નથી તેવું જોવા મળે છે. તેથી, Rની આ ત્રુટિ પરિણામમાં વધારાની ત્રુટિનું કારણ બની શકે છે.

ચર્ચા

(1) અત્રે એ નોંધો કે, જો કાર્બન અવરોધકો વાપરવામાં આવેલ હોય તો, ΔR_1 અને ΔR_2 એ તેમના પર વર્ણસંકેત (કલરકોડ)* મુજબ દર્શાવેલ ટોલરન્સ સીમાઓના પટ્ટા પરથી મેળવી શકાય છે અને ત્રુટિ ΔR_s અને ΔR_pની આ મૂલ્યોને આધારે ભૌતિકવિજ્ઞાન, પાઠ્યપુસ્તક *ધોરણ XI, ભાગ 1 (NCERT, 2006) દાખલા નં. 2.10 (પાન નં. 27) અનુસાર ગણી શકાય.* ΔR_s અને ΔR_pનાં મહત્તમ મૂલ્યો સંયુક્ત રીતે મેળવેલ મૂલ્યોને સમીકરણ (E 3.4) અને (E 3.5)માં ત્રુટિઓના અંદાજિત મૂલ્ય તરીકે નોંધેલ છે.

(2) કેટલી ચોક્સાઈથી તટસ્થ બિંદુ શોધી શકાય તે ઉપયોગમાં લીધેલા ગૅલ્વેનોમીટરની સંવેદિતા પર આધાર રાખે છે. સંવેદિતા તપાસવા માટે, ગૅલ્વેનોમીટરમાં માત્ર ખ્યાલ આવે તેટલું આવર્તન મળે તે માટે જૉકીને જેટલું ખસેડવું પડે તે અંતર શોધો. આદર્શ રીતે, આ અવધિ માપપટ્ટીના લઘુત્તમ માપ કરતાં વધુ ન હોવી જોઈએ.

(3) કેટલાક કિસ્સામાં, બ્રિજનો તાર ચોક્કસ રીતે 100 cm લંબાઈનો ન હોય તેવું શક્ય હોય. આવા કિસ્સામાં ગણતરી માટે તેની ચોક્કસ લંબાઈનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ.

(4) જો અવરોધો R_1 અને R_2 એ કોન્સ્ટનટન, નિક્રોમ જેવાં દ્રવ્યોના બનેલા હોય, ત્યારે તેમના ત્રુટિના સુધારા સહિતનાં મૂલ્યોના માપનને સમતુલ્ય અવરોધ તરીકે ધ્યાને લઈ ગણતરી કરી શકાય.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) અસરકારક અવરોધના સૈદ્ધાંતિક રીતે અપેક્ષિત મૂલ્ય અને મેળવેલ પ્રાયોગિક મૂલ્યના તફાવત વિશે ટિપ્પણી કરવી.

*વર્ણ સંકેત (કલરકોડ)ની વધારે માહિતી માટે, પરિશિષ્ટ 3 જુઓ.

(2) દરેકનો અવરોધ R હોય તેવા n અવરોધો આપેલ છે, તેમના સંયોજનથી તમે મહત્તમ અને લઘુત્તમ અસરકારક અવરોધો કઈ રીતે મેળવી શકો ? આ પ્રયોગને બલ્બના ફિલામેન્ટને અવરોધકો તરીકે ગણીને વિસ્તારો.

(3) તાર અને તાંબાની પટ્ટી વચ્ચેના જોડાણ પાસે અંત્યબિંદુના અવરોધ અથવા તારના અયોગ્ય જોડાણ (સોલ્ડરિંગ)ના કારણે ઉદ્ભવતી અસરો ઘટાડવાની જુદી-જુદી પદ્ધતિઓ ઓળખો.

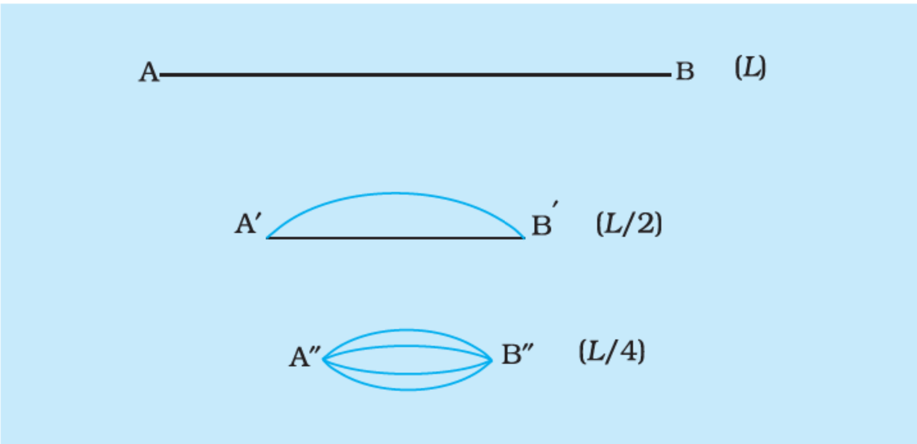
(4) નીચે આપેલી પરિસ્થિતિમાં મીટરબ્રિજની સંવેદિતા કેવી રીતે બદલી શકાય ?
રીઓસ્ટેટના સ્લાઈડર (હેડ)ને લઘુત્તમ અવરોધ થી મહત્તમ અવરોધ તરફની સ્થિતિમાં ખસેડવામાં આવે.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) ગૅલ્વેનોમીટરની જગ્યાએ ટૉર્ચના બલ્બને મૂકો અને પ્રયોગ ફરીથી કરો. તાર AC પર જૉકીના સ્થાન સાથે બલ્બની તેજસ્વિતામાં થતા ફેરફારને સમજાવો. (આકૃતિ E 3.1)

(2) તમારાં અવલોકનોનો ઉપયોગ કરી $\left(\frac{l'}{l}\right)$ ને Y-અક્ષ પર અને R ને X-અક્ષ પર લઈ $\left(\frac{l'}{l}\right)$ અને R વચ્ચેનો આલેખ દોરો. આલેખના ઢાળ પરથી અજ્ઞાત અવરોધ નક્કી કરો.

(3) યાદચ્છિક લંબાઈ Lના તારનો ઉપયોગ કરી, તેના છેડા A અને B વચ્ચેનો અવરોધ મીટરબ્રિજનો ઉપયોગ કરી માપો જેને R_1 કહો. પછી, તે તારને એવી રીતે વાળો કે તેની લંબાઈ $L/2$ થાય. A' અને B' છેડાઓ વચ્ચેનો નવો અવરોધ માપો જેને R_2 કહો. છેલ્લે તેને ફરીથી વાળો અને A" અને B" છેડાઓ વચ્ચેનો અવરોધ માટે અવલોકન પુનરાવર્તિત કરો. ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ તારને ઘણી વખત વાળી (ફૉલ્ડ કરી) અને તેનો અવરોધ મેળવી n (ફૉલ્ડની સંખ્યા) અને અસરકારક અવરોધ માટે આલેખ દોરો. વાળેલો તાર તેનાં અંત્યબિંદુઓ (A, B, A', B' અને A", B") સિવાય અન્ય કોઈ બિંદુ પાસે વિદ્યુતીય સંપર્ક ન બનાવે તેની કાળજી રાખો.



આકૃતિ E 3.3

પ્રયોગ 4

હેતુ

પોટૅન્શિયોમીટરનો ઉપયોગ કરી આપેલા બે પ્રાથમિક કોષ (ડેનિયલ અને લેક્લાન્સે કોષ)ના વિદ્યુત ચાલક બળ(emf) સરખાવો.

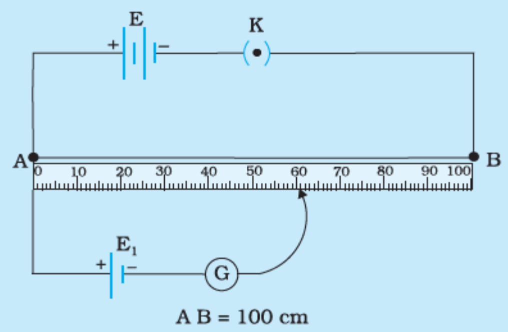
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

પોટૅન્શિયોમીટર, લેક્લાન્સે કોષ, ડેનિયલ કોષ, દ્વિમાર્ગી કળ (ટૂ વે કી), અવરોધપેટી (0 થી 1000 Ω), ગૅલ્વેનોમીટર (વેસ્ટન પ્રકારનું), વોલ્ટમીટર (0 – 3 V), બૅટરી ઍલિમિનેટર / લેડ-સંગ્રાહક કોષ, નાના અવરોધવાળું રીઓસ્ટેટ (લગભગ 20 Ω), બે એકમાર્ગી કળ, જોડાણ માટેના તાર અને કાચપેપર

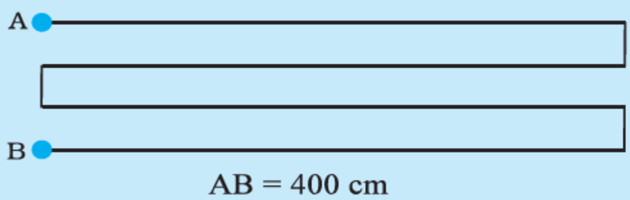
સાધનનું વર્ણન

પોટૅન્શિયોમીટર

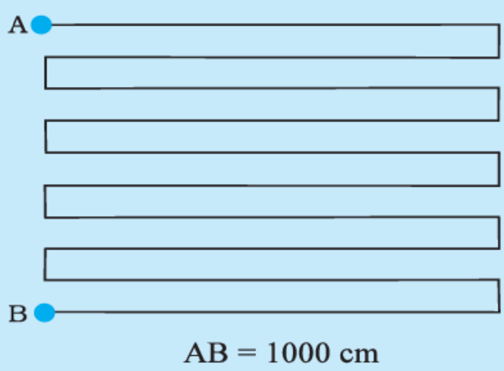
પોટૅન્શિયોમીટર એ આકૃતિ E 4.1 (a)માં દર્શાવ્યા મુજબ, જેનો અવરોધનો તાપમાન ગુણાંક નીચો હોય તથા આડછેદનું ક્ષેત્રફળ સમાન હોય તેવા તાર AB ને લાકડાની સમતલ માપપટ્ટી પર યોગ્ય રીતે ખેંચીને બનાવવામાં આવે છે. ઘણી વાર AB 100 cm લંબાઈ ધરાવે છે પરંતુ વધારે ચોકસાઈ માટે તાર 400 cm અથવા 1000 cm લંબાઈનો રાખી શકાય. પોટૅન્શિયોમીટર તારને સામાન્ય રીતે 100 cm લંબાઈ ધરાવતી માપપટ્ટી સાથે લાકડાના પાટિયા પર જડિત કરવામાં આવે છે. ગોઠવણને નાની કરવા માટે, આકૃતિ E 4.1 (b) અને આકૃતિ E 4.1 (c)માં દર્શાવ્યા અનુસાર તારને ઘણી વખત વાળવામાં (ફૉલ્ડ કરવામાં) આવે છે.



આકૃતિ E 4.1 (a)



આકૃતિ E 4.1 (b)

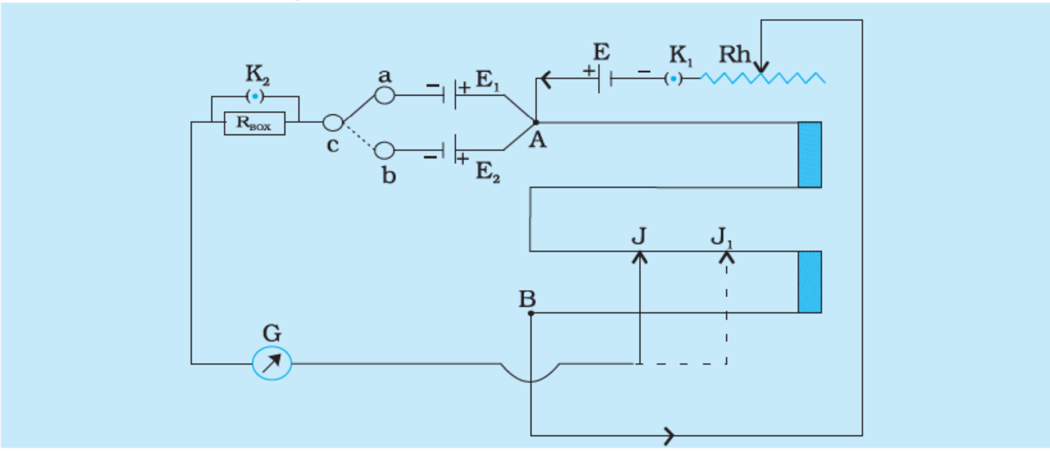


આકૃતિ E 4.1 (c)

સિદ્ધાંત

વોલ્ટમીટરની મદદથી આપણે કોષના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત માપી શકીએ છીએ, પરંતુ પોટૅન્શિયોમીટરની મદદથી આપણે આપેલા કોષના વિદ્યુતચાલક બળ (emf)નું મૂલ્ય નક્કી કરી શકીએ છીએ. બે પ્રાથમિક કોષો કે જેમના વિદ્યુતચાલક બળ સરખાવવાના હોય, તેમને પરિપથમાં એવી રીતે જોડવામાં આવે કે જેથી તેમના ધન છેડાઓ ભેગા કરીને પોટૅન્શિયોમીટર તાર ABના A છેડા સાથે જોડવામાં આવે અને તેમના ઋણ છેડાઓ દ્વિમાર્ગી (ટૂ વે) કળ a, b, c દ્વારા ગૅલ્વેનોમીટર સાથે જોડવામાં આવે છે. ગૅલ્વેનોમીટરનો બીજો છેડો જૉકી J સાથે જોડેલ છે. કળના છેડાઓ સાથે શંટ કરવામાં આવેલ અવરોધપેટી R_{BOX} કે જે દ્વિમાર્ગી કળ અને ગૅલ્વેનોમીટર Gની વચ્ચે આકૃતિ E 4.2માં દર્શાવ્યા મુજબ જોડવામાં આવે છે.

E_1 અને E_2 વિદ્યુતચાલકબળ સાથેના બે પ્રાથમિક કોષને દ્વિમાર્ગી કળ a, b, c ની મદદથી ગૅલ્વેનોમીટર G દ્વારા સરકતા સંપર્ક જૉકી J સાથે જોડેલ છે. (નોંધ : જો બૅટરી એલિમિનેટર બદલી શકાય તેવા વૉલ્ટેજ વાળું હોય તો રીઓસ્ટેટની જરૂર નથી.)



આકૃતિ E 4.2 : બે પ્રાથમિક કોષના વિદ્યુતચાલક બળ (emf) ની સરખામણી માટેનો વિદ્યુત પરિપથ

બૅટરી E અને રીઓસ્ટેટ Rhની મદદથી તાર ABના છેડાઓ વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત અચળ (સ્થિર) જાળવી રખાય છે. છેડો A એ છેડા B કરતાં ઊંચા સ્થિતિમાને છે. અત્રે નોંધો કે, વિદ્યુતચાલકબળ $E >$ વિદ્યુતચાલકબળ E_1 અને વિદ્યુતચાલકબળ $E >$ વિદ્યુતચાલકબળ E_2 પણ હોવું જોઈએ.

E_1 કોષને પરિપથમાં જોડાણમાં લાવવા માટે દ્વિમાર્ગી કળમાં ખાલી જગ્યા (gap) 'ac'ને બંધ કરો. ગૅલ્વેનોમીટરમાં તટસ્થ બિંદુ (શૂન્ય આવર્તન) મેળવવા માટે જૉકીને પોટૅન્શિયોમીટરના તાર પર સરકાવો. ધારો કે તે J બિંદુ એ છે. લંબાઈ AJને l_1 cm તરીકે નોંધો. તે જ રીતે, E_2ને સંપર્કમાં લાવવા ખાલી જગ્યા (gap) 'bc'ને બંધ કરો અને તાર ઉપર જૉકીને સરકાવીને તટસ્થ બિંદુ J_1 મેળવો. લંબાઈ AJ_1 ને l_2 cm તરીકે નોંધો.

હવે, પોટૅન્શિયોમીટરના સિદ્ધાંત અનુસાર જ્યારે સમાન જાડાઈ અને દ્રવ્ય ધરાવતા તારમાંથી સ્થિર પ્રવાહ પસાર થતો હોય, તો તેના પર કોઈ પણ બે બિંદુઓ વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત, તે બિંદુ વચ્ચેની લંબાઈના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

આમ,

(E 4.1)
$$V \propto l$$

(E 4.2)
$$V = \phi l$$

જ્યાં ϕ સ્થિતિમાન પ્રચલન છે. (વિદ્યુતસ્થિતિમાન પ્રચલન)

ϕ ઘટાડવા માટે પોટૅન્શિયોમીટર તારની લંબાઈ વધારવી જોઈએ. ϕનું નાનું મૂલ્ય એ પોટૅન્શિયોમીટરને વધારે સંવેદનશીલ અને ચોક્કસ બનાવે છે. બે કોષના કિસ્સામાં આપણી પાસે,

$$E_1 = \phi\, l_1$$

$$E_2 = \phi\, l_2$$

જ્યાં E_1 અને E_2 બે કોષના વિદ્યુતચાલક બળ, l_1 અને l_2 એ જ્યારે E_1 અને E_2 અનુક્રમે પરિપથમાં જોડાણમાં હોય ત્યારની તટસ્થ બિંદુ માટેની લંબાઈઓ છે અને ϕ એ પોટૅન્શિયોમીટર તાર પર સ્થિતિમાન પ્રચલન (વિદ્યુતસ્થિતિમાન પ્રચલન) છે.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\phi l_1}{\phi l_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ E 4.2 અનુસાર પરિપથનું જોડાણ કરો. બૅટરી E તથા બે કોષ E_1 અને E_2ના ધન છેડાઓ પોટૅન્શિયોમીટર તારના શૂન્ય છેડા A સાથે જોડો.

(2) Eનો ઋણ છેડો એકમાર્ગી કળ K_1 અને રીઓસ્ટેટ મારફતે પોટૅન્શિયોમીટર તારના B છેડા સાથે જોડો.

(3) કોષ E_1 અને E_2ના ઋણ છેડાઓ દ્વિમાર્ગી કળના છેડાઓ '*a*' અને '*b*' સાથે જોડો.

(4) અવરોધપેટી R_{box} ને કળ K_2 મારફતે શંટ કરો. દ્વિમાર્ગી કળનો સામાન્ય છેડો અવરોધપેટી R_{Box}ના એક છેડા સાથે જોડો.

(5) અવરોધપેટીનો બીજો છેડો ગૅલ્વેનોમીટર સાથે જોડો કે જેનો બીજો છેડો જૉકી સાથે જોડેલો છે. ગૅલ્વેનોમીટરમાં તટસ્થ બિંદુ મેળવવા જૉકીને પોટૅન્શિયોમીટર તાર પર સરકાવી શકાય.

(6) દ્વિમાર્ગી કળની ખાલી જગ્યાઓ 'a' અને 'c' વચ્ચે પ્લગ-કી ભરાવીને કોષ E_1ને પરિપથ જોડાણમાં લાવો.

(7) કળ K_2ને ખુલ્લી છોડો. રીઓસ્ટેટના અવરોધને લઘુત્તમ રાખો. અવરોધપેટીમાંથી મોટો અવરોધ (હજાર ઓહ્મના ક્રમનો) રાખો. પોટૅન્શિયોમીટર તારના શૂન્ય છેડા પર જૉકીનો સંપર્ક બનાવો. ગૅલ્વેનોમીટરમાં આવર્તનની દિશા નોંધો.

(8) પછી જૉકીને ખસેડીને તારના બીજા છેડા સાથે સંપર્કમાં લાવો. અત્રે નોંધો કે ગૅલ્વેનોમીટરના દર્શકના આવર્તનની દિશા પદ-7માં નોંધેલ હતી તેના કરતાં વિરુદ્ધ છે કે નહિ.

(9) જો ગૅલ્વેનોમીટરના દર્શકનું આવર્તન ઉપરની બંને પરિસ્થિતિમાં વિરુદ્ધ દિશામાં હોય, તો (પરિપથ) જોડાણ સાચું છે. જો ન હોય તો તેના કારણ શોધી કાઢો. જોડાણ ક્યાંક ઢીલું હોઈ શકે અથવા બૅટરી Eનું વિદ્યુતચાલકબળ, કોષ E_1 અને E_2ના વિદ્યુતચાલકબળ કરતાં ઓછું હોઈ શકે. જરૂરિયાત મુજબ જરૂરી ફેરફાર કરો.

(10) પોટૅન્શિયોમીટર તાર પર જૉકીને હળવેથી એટલે સુધી સરકાવો કે તમને ગૅલ્વેનોમીટરમાં શૂન્ય આવર્તન મળે. શૂન્ય (તટસ્થ) બિંદુનું ચોક્કસ સ્થાન મેળવવા કળ K_2ને ભરાવો. અવરોધપેટીમાંનો અવરોધ ગૅલ્વેનોમીટરમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહ પર મર્યાદા મૂકે છે. તટસ્થ બિંદુની નજીક, ગૅલ્વેનોમીટરમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ ઓછો છે. કળ K_2 ભરાવવાથી અવરોધ શૉર્ટસર્કિટ થઈ જશે અને આથી પ્રવાહ વધી જશે. આ તટસ્થ બિંદુ મેળવવાની સંવેદનશીલતા વધારે છે.

તાર AJની લંબાઈ નોંધો અને તેને l_1 તરીકે નોંધો. તટસ્થબિંદુ ફરીથી મેળવવા જૉકીને વિરુદ્ધ દિશામાંથી ફેરવો અને l_1નું બીજું મૂલ્ય શોધો.

(11) પછી ટૂ વે કી (દ્વિમાર્ગી કળ)ની ખાલી જગ્યા b અને cની વચ્ચે કળ ભરાવી E_2ને પરિપથમાં (જોડાણમાં) લાવો. જે રીતે તમે l_1 શોધ્યું તે જ રીતે તટસ્થબિંદુ J_1 મેળવો અને લંબાઈ AJ_1ને l_2 તરીકે નોંધો.

(12) રીઓસ્ટેટના સંપર્કબિંદુનું સ્થાન ખસેડીને પદ 6 થી 11 ત્રણ વખત પુનરાવર્તિત કરો અને E_1 અને E_2 ના દરેક અવલોકન માટે l_1 / l_2 ગણો.

(13) તમારાં અવલોકનો કોઠા-સ્વરૂપે નોંધો.

અવલોકનો

(1) પોટૅન્શિયોમીટરના પાટિયા પર તારની સંખ્યા = ...

(2) વોલ્ટમીટરની અવધિ = 0V થી V

(3) વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(4) Eના બે છેડા વચ્ચનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન = ... V

(5) E_1ના બે છેડા વચ્ચનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન = ... V

(6) E_2ના બે છેડા વચ્ચેનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન = ... V

કોષ્ટક E 4.1 : તટસ્થ બિંદુ માટેની લંબાઈ

ક્રમ	l_1 cm લેક્લાન્શે કોષ (E_1) પરિપથમાં જોડાણમાં હોય ત્યારે			l_2 cm ડેનિયલ કોષ (E_2) પરિપથમાં જોડાણમાં હોય ત્યારે			ગુણોત્તર $\frac{E_1}{E_2}=\frac{l_1}{l_2}$	$\Delta\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$
	જૉકીને એક દિશામાં ખસેડતા (i)	જૉકીને વિરુદ્ધ દિશામાં ખસેડતા (ii)	સરેરાશ	જૉકીને એક દિશામાં ખસેડતા (i)	જૉકીને વિરુદ્ધ દિશામાં ખસેડતા (ii)	સરેરાશ		
(1)								
(2)								
(3)								
(4)								
						સરેરાશ		

ગણતરીઓ

અવલોકનોના દરેક સેટ માટે l_1 / l_2 ગણો.

ત્રુટિ

(E 4.3)
$$\frac{\Delta\left(\frac{E_1}{E_2}\right)}{\frac{E_1}{E_2}}=\frac{\Delta l_1}{l_1}+\frac{\Delta l_2}{l_2}$$

(E 4.4)
$$\therefore \Delta\left(\frac{E_1}{E_2}\right)=\left(\frac{\Delta l_1}{l_1}+\frac{\Delta l_2}{l_2}\right)\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$$

Δl_1 અને Δl_2 એ અનુક્રમે l_1 અને l_2ના માપનમાંની ત્રુટિ દર્શાવે છે.

અવલોકનોના ચાર સેટ માટે $\Delta\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$ ગણો અને ચાર મૂલ્યોમાંથી મહત્તમ મૂલ્યને પરિણામમાં અંદાજિત ત્રુટિ તરીકે લખો.

પરિણામ

લેકલાન્શે કોષ અને ડેનિયલ કોષના વિદ્યુતચાલક બળનો ગુણોત્તર

$$= \frac{E_1}{E_2} \pm \Delta\left(\frac{E_1}{E_2}\right)_{max} = \ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots$$

$\frac{E_1}{E_2}$ એ બે કોષના વિદ્યુતચાલક બળના ગુણોત્તરનું સરેરાશ મૂલ્ય છે.

સાવચેતીઓ

(1) અવરોધપેટીમાં ભરાવેલી કળ સારા (ચુસ્ત) વિદ્યુત સંપર્કમાં છે તેની ચોક્કસ ખાતરી કરો.

(2) તારમાં કોઈ વળ ન ઉદ્ભવે તેની સાવચેતી માટે પોટૅન્શિયોમીટર તાર પર જૉકીને હળવેથી દબાવો.

(3) બંને કોષ માટે તટસ્થ લંબાઈ શોધવાની ક્રિયા પૂરી ન થાય તે પહેલાં રીઓસ્ટેટના સંપર્કબિંદુની અવસ્થા બદલાઈ જવી ન જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) પોટૅન્શિયોમીટર તારના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ તારની સમગ્ર લંબાઈ માટે સમાન ન પણ હોઈ શકે.

(2) જેમના વિદ્યુતચાલક બળ સરખાવવાના છે તેવા બે કોષની સતત ડિસ્ચાર્જ પ્રક્રિયા નિવારવા જ્યારે E_1 અને E_2 ઉપયોગમાં લેવાતા ન હોય ત્યારે કળ ખુલ્લી રાખવી.

(3) જો પોટૅન્શિયોમીટરનો તાર તંગ અને પાટિયા પરની માપપટ્ટી પર ન હોય, તો લંબાઈના માપનમાં ત્રુટિ આવી શકે.

(4) બહુવિધ કળવાળી જૉકી એ માપપટ્ટી પર સાચી ગોઠવણી ન પણ આપી શકે.

ચર્ચા

(1) વિદ્યુતપ્રવાહને કારણે ઉદ્ભવતી ઉષ્માને નિવારવા લાંબા સમય સુધી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવો ન જોઈએ.

(2) બૅટરી Eનું વિદ્યુતચાલક બળ બે પ્રાથમિક કોષ E_1 અને E_2ના વિદ્યુતચાલક બળ કરતાં વધારે હોવું જોઈએ કે જેથી તટસ્થબિંદુ તાર પર મેળવી શકાય.

(3) મોટા અવરોધવાળી અવરોધપેટી ઉપયોગમાં લેવાથી વિદ્યુતપ્રવાહ ઘટે છે. આથી ગૅલ્વેનોમીટરની કૉઇલ (ગૂંચળા)ને નુક્સાન થતું નથી.

(4) તટસ્થ બિંદુ મેળવતા હોય ત્યારે, ગૅલ્વેનોમીટરમાં આવર્તન ન દેખાય તેવી જૉકીના સ્થાનની

નાની અવધિ (એક સ્થાનને બદલે) મળી શકે. આવા કિસ્સામાં તટસ્થ બિંદુનો વધારે સારો અંદાજ એ તે અવધિનું મધ્યબિંદુ છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) બૅટરીના છેડાઓ વચ્ચે જોડેલ વોલ્ટમીટર વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત માપે છે તે વિદ્યુતચાલકબળથી કઈ રીતે જુદું પડે છે ?

(2) જો તમારા પ્રયોગની ગોઠવણ દરમિયાન ગૅલ્વેનોમીટરનો દર્શક હલતો (ધ્રુજારી અનુભવતો) હોય, તો તમે શું નિષ્કર્ષ મેળવશો ?

(3) બે કોષના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતનો ગુણોત્તર મેળવવા વોલ્ટમીટરનો ઉપયોગ કરો. શું આ ગુણોત્તર તેમના વિદ્યુતચાલક બળના ગુણોત્તરથી નોંધપાત્ર રીતે જુદો પડે છે ? જો ના તો, તમે શું નિષ્કર્ષ કાઢશો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) પોટૅન્શિયોમીટરની મદદથી બે અવરોધકના અવરોધ સરખાવી શકાય ? જો હા, તો તેનો વિદ્યુત પરિપથ દોરો અને પ્રયોગ કરો.

(2) l_1 Y-અક્ષ અને l_2 X-અક્ષ પર લઈ l_1 અને l_2નો આલેખ દોરો. આલેખના ઢાળ પરથી

$\frac{E_1}{E_2}$ ગણો.

(3) બજારમાં ઉપલબ્ધ હોય તેવા કોષના વિદ્યુતચાલક બળ સરખાવો અને જુદી-જુદી કંપનીના સૂકા કોષ માટે બારચાર્ટ (સ્તંભાલેખ) દોરો.

પ્રયોગ 5

હેતુ

પોટૅન્શિયોમીટરનો ઉપયોગ કરી આપેલા પ્રાથમિક કોષનો આંતરિક અવરોધ નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

પોટૅન્શિયોમીટર, લેક્લાન્શે કોષ અથવા સૂકો કોષ, એમીટર, અવરોધપેટી $R_{(Box\ 1)}$ (લગભગ 0–50 Ω), ત્રણ એકમાર્ગી કળ, ગૅલ્વેનોમીટર, મોટી અવરોધપેટી ($R_{Box\ 2}$) (લગભગ 0 – 10 kΩ), લગભગ 20 Ω જેટલા નાના અવરોધવાળું રીઓસ્ટેટ, જૉકી, લેડ સંગ્રાહક કોષ અને જોડાણ માટેના તાર

સિદ્ધાંત

જ્યારે E વિદ્યુતચાલક બળ અને r આંતરિક અવરોધવાળા કોષને સમાંતર અવરોધ R જોડવામાં આવે ત્યારે, પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ I,

$$I = \frac{E}{R+r} \tag{E 5.1}$$

કોષના બે છેડાને સમાંતર વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત $V = (RI)$

$$V = \left(\frac{E}{R+r}\right)R \tag{E 5.2}$$

આમ,

$$\frac{E}{V} = 1 + \frac{r}{R}$$

અથવા $r = \left(\frac{E}{V} - 1\right)R$ (E 5.3)

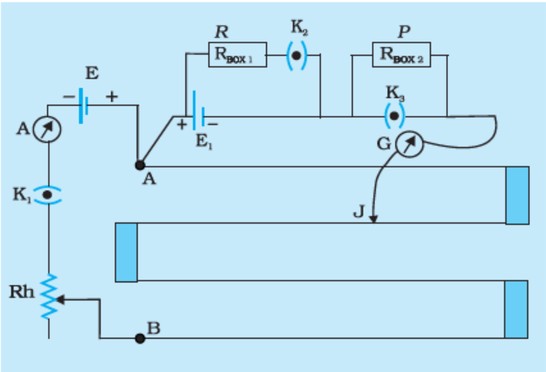
જો l_0 અને l એ અનુક્રમે ખુલ્લા અને બંધ-પરિપથ (આકૃતિ E 5.1) માટે પોટૅન્શિયોમીટરના બિંદુ A થી તટસ્થબિંદુ સુધીનાં અંતરો હોય, તો E એ l_0ના સમપ્રમાણમાં અને V એ l ના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

$$\frac{E}{V} = \frac{l_0}{l} \tag{E 5.4}$$

સમી- (E 5.3) અને (E 5.4) પરથી

(E 5.5) $$r = \left(\frac{l_0 - l}{l}\right)R$$

પદ્ધતિ



આકૃતિ E 5.1 : પોટૅન્શિયોમીટરની મદદથી પ્રાથમિક કોષનો આંતરિક અવરોધ માપવા માટેનો વિદ્યુત પરિપથ

(1) પરિપથ (આકૃતિ E 5.1)માં દર્શાવ્યા અનુસાર જુદાં-જુદાં વિદ્યુતીય ઘટકોને જોડો. પરિપથનાં જોડાણો ચકાસ્યાં બાદ કળ K_1 બંધ કરો. (નોંધ : જો બૅટરી એલિમિનેટર બદલી શકાય તેવા વૉલ્ટેજ વાળું હોય તો રીઓસ્ટેટની જરૂર નથી.)

(2) K_2 અને K_3 કળ ખુલ્લી અને $R_{Box\ 2}$ માંથી મોટા રક્ષણાત્મક અવરોધ P સાથે તટસ્થબિંદુનું સ્થાન શોધો. અંતિમ અવલોકન માટે, કળ K_3 બંધ કરી અવરોધ P શૉર્ટસર્કિટ કરો અને તટસ્થ બિંદુ l_0 શોધો.

(3) R = 10 Ω ($R_{Box\ 1}$માંથી) લો. K_2 કળ બંધ કરો અને ઝડપથી નવી તટસ્થ લંબાઈ l માપો. આ થઈ જાય એટલે તરત જ K_2ને ખોલી દો.

(4) ઉપર્યુક્ત બધાં જ અવલોકનો દરમિયાન એમીટરનું અવલોકન અચળ જાળવી રાખો.

(5) R ના મૂલ્યમાં 1 Ωનો સમાન પદમાં ઘટાડો કરો અને Rના દરેક મૂલ્ય માટે તટસ્થ લંબાઈ l મેળવો.

(6) પ્રયોગના અંતે, કળ K_2 ખોલો અને ફરીથી l_0 શોધવા પદ 2 પુનરાવર્તિત કરો.

અવલોકનો :

l_0 = ... cm (પ્રયોગની શરૂઆતમાં)

l_0 = ... cm (પ્રયોગના અંતમાં)

સરેરાશ l_0 = ... cm

કોષ્ટક **E 5.1 : તટસ્થ બિંદુ માટેની લંબાઈ**

ક્રમ	R Ω	l cm	$\frac{1}{R}$ Ω^{-1}	$\frac{1}{l}$ cm^{-1}	$r = \left(\frac{l_0 - l}{l}\right)R$ Ω
(1)					
(2)					
--					
(6)					

ગણતરીઓ

(1) સમીકરણ (E 5.5)માં l_0, l અને તદનુરૂપ Rનાં મૂલ્યો મૂકો અને r નું મૂલ્ય ગણો.

જ્યા $r = \left(\frac{l_0 - l}{l}\right)R.$

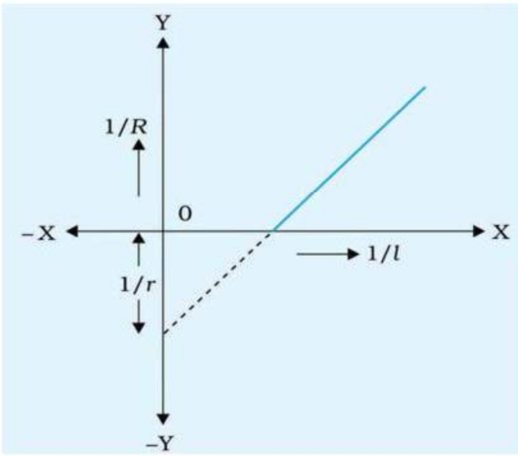
(2) r મેળવવા આલેખીય રીતનો પણ ઉપયોગ કરો. સમીકરણ (E 5.5) નીચે મુજબ લખી શકાય :

$$\frac{1}{R} = \frac{l_0}{r}\left(\frac{1}{l}\right) - \frac{1}{r} \qquad \text{(E 5.6)}$$

જે સુરેખ રેખાનું સમીકરણ છે. (આકૃતિ E 5.2)

(3) X-અક્ષ પર $\frac{1}{l}$ અને Y-અક્ષ પર $\frac{1}{R}$ લઈ $\frac{1}{R}$ અને $\frac{1}{l}$ નો આલેખ દોરો.

(4) તમે મૂકેલાં બિંદુઓની શક્ય તેટલી નજીકથી સુરેખ રેખા દોરો. Y-અક્ષ પરનો ઋણ અંતઃખંડ એ $\frac{1}{r}$ નું મૂલ્ય આપે છે. તે પરથી, rનું મૂલ્ય મેળવો. (આકૃતિ E 5.2)



આકૃતિ E 5.2 **: 1/R અને 1/l વચ્ચેનો આલેખ**

પરિણામ

આપેલ કોષનો આંતરિક અવરોધ r

(i) ગણતરી પરથી .... Ω

(ii) આલેખ પરથી .... Ω

સાવચેતીઓ

(1) જે પ્રાથમિક કોષનો આંતરિક અવરોધ શોધવાનો હોય તેને સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન ખલેલ પહોંચવી ન જોઈએ નહિતર તેનો આંતરિક અવરોધ બદલાઈ શકે છે.

(2) બૅટરી Eનું વિદ્યુતચાલક બળ પ્રાથમિક કોષના વિદ્યુતચાલક બળ E_1 કરતાં વધારે હોવું જોઈએ.

(3) E અને E_1 બંને કોષના ધન છેડાઓ પોટૅન્શિયોમીટરના સમાન ધ્રુવ (અહીં આપણા પરિપથ માટે A) સાથે જોડવા જોઈએ.

(4) હંમેશાં જે છેડા પર કોષના ધન છેડાઓ જોડેલ હોય, તે બિંદુ A થી તટસ્થ બિંદુ સુધીની લંબાઈ માપવી જોઈએ.

(5) જ્યારે અવલોકન લેતા હોય ત્યારે જ K_1 અને K_2 કળ ભરાવેલ રાખો નહિતર વિદ્યુતપ્રવાહના સતત વહનને કારણે તાર ગરમ થઈ શકે અને કોષના આંતરિક અવરોધ પર પણ અસર કરી શકે છે.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) પોટૅન્શિયોમીટર તાર સમાન આડછેદવાળો ન હોઈ શકે.

(2) છેડા પર રહેલ પિત્તળની પટ્ટીઓને સીમિત (નિશ્ચિત) અવરોધ હોઈ શકે.

(3) ગૌણ (બાહ્ય) કોષના વિદ્યુતચાલક બળ દ્વારા સમગ્ર તાર પર વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો તફાવત ઉદ્ભવતો હોઈ સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન અચળ ના પણ રહેતો હોય.

(4) વિદ્યુતપ્રવાહ દ્વારા પોટૅન્શિયોમીટર તાર ગરમ થવાથી કેટલીક ત્રુટિ દાખલ થઈ શકે.

ચર્ચા

(1) પોટૅન્શિયોમીટરના સિદ્ધાંતમાં પ્રયોગના સમયગાળામાં તાર ABમાંથી સ્થિર વિદ્યુતપ્રવાહ ધારવામાં આવેલ છે. આથી, ગૌણકોષનું વિદ્યુતચાલક બળ (emf) સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન અચળ જળવાઈ રહે છે.

(2) જૉકીનું સ્થાન માપપટ્ટીના લઘુત્તમ માપ $\pm$ 0.1 cm સુધી ચોકસાઈથી માપી શકે છે. વધુમાં જૉકીની ધાર પણ આ લઘુત્તમ માપમાં મર્યાદા મૂકે છે. આથી તીક્ષ્ણ ધારવાળી જૉકીનો ઉપયોગ કરવો સલાહ ભરેલ છે.

(3) તારનો છેડો એ માપપટ્ટીનો છેડો ન હોવાથી લંબાઈ l ના માપનમાં શૂન્ય ત્રૂટિ ઉદ્ભવવાની શક્યતા છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) વિદ્યુતચાલક બળ (emf)નાં બધાં ઉદ્ગમોના ધન છેડાઓ પોટૅન્શિયોમીટરના A બિંદુ સાથે જોડેલ છે, પરંતુ જો બધાં વિદ્યુતચાલક બળોનાં ઉદ્ગમોના ઋણ છેડાઓ A બિંદુ સાથે જોડેલ હોય, તો તટસ્થ બિંદુની લંબાઈ પર કેવી અસર થઈ શકે ?

(2) તાજા બનાવેલ લેક્લાન્શે કોષનો આંતરિક અવરોધ શોધો. Rના મૂલ્ય સાથે આંતરિક અવરોધે બદલાય છે ?

(3) કોષના આંતરિક અવરોધ પર અસર કરતાં પરિબળો જણાવો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) જુદી-જુદી બનાવટના સૂકા કોષના આંતરિક અવરોધ શોધો.

(2) ગૌણ કોષનો આંતરિક અવરોધ આ રીતથી માપી શકાય ? તમારા જવાબનું કારણ આપો.

પ્રયોગ 6

હેતુ

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

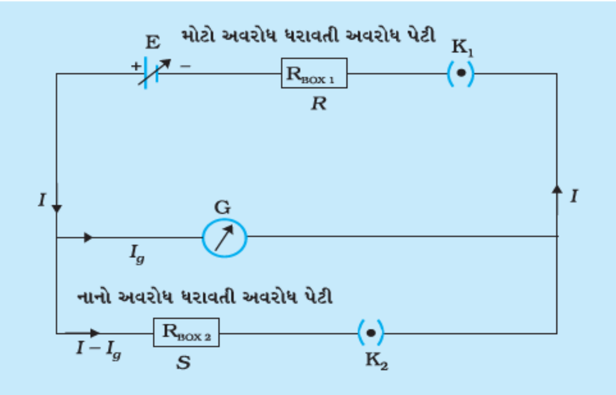
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ચલિત ગૂંચળાવાળું ગૅલ્વેનોમીટર, બૅટરી અથવા બૅટરી એલિમિનેટર (0 – 6 V), 0 – 10 kΩ અવધિવાળી એક અવરોધપેટી ($R_{Box\ 1}$), 0 – 200 Ω અવરોધવાળી એક અવરોધપેટી (R_{Box2}), બે એકમાર્ગી કળ, વોલ્ટમીટર, જોડાણ માટેના તાર અને કાચપેપરનો ટુકડો

સિદ્ધાંત

ગૅલ્વેનોમીટર

ગૅલ્વેનોમીટર એ ખૂબ જ નાના વિદ્યુતપ્રવાહને માપવા (શોધવા) માટેનું સંવેદનશીલ સાધન છે. તેની કામગીરી જે સિદ્ધાંત પર છે તેમાં જ્યારે સમાન ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકેલા ગૂંચળામાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે ત્યારે તે ટૉર્ક અનુભવે છે. ગૂંચળાનું કોણાવર્તન તે ગૂંચળા સાથે જોડેલા દર્શકની મદદથી જાણી શકાય છે. જે એક માપક્રમ પર ચલિત થાય છે.



આકૃતિ E 6.1 : *ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ શોધવા માટેનો વિદ્યુત પરિપથ*

જ્યારે ત્રિજ્યાવર્તી ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકેલા ગૂંચળામાંથી I વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે છે, ત્યારે ગૂંચળું θ જેટલું કોણાવર્તન અનુભવે છે જે I સાથે નીચે મુજબ સંબંધ ધરાવે છે :

$$I = k\theta \tag{E 6.1}$$

જ્યાં, k સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે અને તે ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ તરીકે ઓળખાય છે.

અર્ધઆવર્તનની રીતથી ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ G શોધવા માટેનો જરૂરી વિદ્યુતપરિપથ, આકૃતિ E 6.1માં દર્શાવેલ છે.

જ્યારે પરિપથમાં અવરોધ R દાખલ કરવામાં આવે ત્યારે તેમાંથી (ગૅલ્વેનોમીટરમાંથી) વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ I_g નીચેના સમીકરણ દ્વારા આપી શકાય

(E 6.2)

$$I_g = \frac{E}{R+G}$$

આ કિસ્સામાં, કળ K_2ને ખુલ્લી રાખો. અહીં E એ બૅટરીનું વિદ્યુતચાલક બળ, G એ ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ છે, કે જે શોધવાનો છે.

જો વિદ્યુતપ્રવાહ I_g એ ગૅલ્વેનોમીટરમાં θ આવર્તન ઉત્પન્ન કરે, તો સમીકરણ (E 6.1) પરથી આપણે મેળવી શકીએ કે,

(E 6.3)

$$I_g = k\theta$$

સમીકરણો (E 6.2) અને (E 6.3)નો સમન્વય કરતાં નીચે મુજબ સમીકરણ મેળવી શકીએ.

(E 6.4)

$$\frac{E}{R+G} = k\theta$$

કળ K_1 અને K_2 બંને બંધ રાખીએ અને શંટના અવરોધ Sનું મૂલ્ય એવું ગોઠવીએ કે જેથી ગૅલ્વેનોમીટરના દર્શકનું આવર્તન $\frac{1}{2}$ (અડધું) થાય. G અને S સમાંતર જોડાણમાં અને તેમની સાથે R શ્રેણી જોડાણમાં હોવાથી, પરિપથનો કુલ (પરિણામી) અવરોધ.

(E 6.5)

$$R' = R + \frac{GS}{G+S}$$

વિદ્યુતચાલક બળ Eના કારણે પરિપથમાં કુલ પ્રવાહ I નીચે મુજબ લખી શકાય

(E 6.6)

$$I = \frac{E}{R + \frac{GS}{G+S}}$$

જો G અવરોધ ધરાવતા ગૅલ્વેનોમીટરમાં વિદ્યુતપ્રવાહ I'_g હોય, તો

$$GI'_g = S\,(I - I'_g)$$

(E 6.7)

અથવા $$I'_g = \frac{IS}{G+S}$$

સમીકરણ (E 6.6)માંથી Iનું મૂલ્ય સમીકરણ (E 6.7)માં મૂકતાં વિદ્યુતપ્રવાહ I'_g નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય

$$\left[I'_g = \frac{IS}{G+S} = \frac{E}{R + \frac{GS}{G+S}} \cdot \frac{S}{G+S} \right]$$

$$I'_g = \frac{ES}{R(G+S)+GS} \qquad \text{(E 6.8)}$$

ગૅલ્વેનોમીટરના વિદ્યુતપ્રવાહ I'_g માટે, જો ગૅલ્વેનોમીટરનું આવર્તન તેના પ્રારંભિક મૂલ્ય કરતાં અડધું $\left(=\frac{\theta}{2}\right)$ સુધી ઘટાડવામાં આવે ત્યારે

$$I'_g = k\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{ES}{R(G+S)+GS}$$

સમીકરણ (E 6.2) ને સમીકરણ (E 6.8) વડે ભાગતાં,

$$\frac{I_g}{I'_g} = \frac{E}{R+G} \times \frac{R(G+S)+GS}{ES} = 2$$

અથવા $R\ (G + S) + GS = 2S\ (R + G)$

$RG = RS + GS$

$G\ (R - S) = RS$

અથવા $$G = \frac{RS}{R - S} \qquad \text{(E 6.9)}$$

R અને *S*નાં મૂલ્યો જાણવાથી, ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ *G* જાણી શકાય છે. સામાન્ય રીતે S (~ 100Ω)ની સાપેક્ષમાં *R* ખૂબ જ મોટો (~ 10 kΩ) પસંદ કરવામાં આવે, તો

$$G \approx S$$

દર્શકના એક કાપા જેટલા આવર્તન માટે જરૂરી વિદ્યુતપ્રવાહને ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ *(k)* તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય, જે $k = \frac{I}{\theta}$ છે. (E 6.10)

ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ નક્કી કરવા માટે પરિપથની ગોઠવણીમાં કળ K_2 ને ખુલ્લી રાખો. સમીકરણ (E 6.2) અને (E 6.3)નો ઉપયોગ કરી ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ

$k = \frac{1}{\theta}\left(\frac{E}{R+G}\right)$ વડે આપી શકાય. (E 6.11)

E, R, G અને θના મૂલ્ય જાણવાથી ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ ગણી શકાય છે.

પદ્ધતિ

(1) જોડાણ માટેના તાર (વાયર)ને કાચપેપરની મદદથી સાફ કરો અને ચોખ્ખા કરો અને વિદ્યુત-પરિપથમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ચુસ્ત જોડાણ કરો. (આકૃતિ E 6.1)

(2) ઉચ્ચ અવરોધવાળી અવરોધપેટી ($R_{Box\ 1}$) (1 – 10 kΩ)માંથી 5 kΩની કળ કાઢો અને પછી કળ K_1 બંધ કરો. આ અવરોધપેટીમાંથી અવરોધ R એવી રીતે ગોઠવો કે ગૅલ્વેનોમીટરના ડાયલ પર પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન મળે. અવરોધ Rનું આ મૂલ્ય અને આવર્તન θ નોંધો.

(3) K_2 કળ દાખલ કરો અને R ચોક્કસ રાખો. શંટના અવરોધ Sનું મૂલ્ય એવી રીતે ગોઠવો કે ગૅલ્વેનોમીટરનું આવર્તન θનું બરાબર અડધું થાય. Sનું મૂલ્ય નોંધો. શંટના અવરોધ Sનું મૂલ્ય નોંધ્યા બાદ કળ K_2 દૂર કરો. (ખુલ્લી કરો.)

(4) θ બેકી સંખ્યાનું આવર્તન હોય તેવાં પાંચ અવલોકનો માટે પદ 2 અને 3નું પુનરાવર્તન કરો અને અવલોકનો માટે R, S, θ અને $\theta/2$ને અવલોકન-કોષ્ટકમાં (સ્વરૂપે) નોંધો.

(5) સમીકરણ (E 6.9) અને (E 6.11)નો ઉપયોગ કરીને અનુક્રમે ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ G અને ફિગર ઑફ મેરિટ kની ગણતરી કરો.

અવલોકનો

બૅટરીનું વિદ્યુતચાલક બળ E = ... V.

ગૅલ્વેનોમીટરના પૂર્ણ સ્કેલમાં કાપા (વિભાગ)ની સંખ્યા = ...

કોષ્ટક **E 6 1 : ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ**

ક્રમ	મોટો અવરોધ R (Ω)	ગૅલ્વેનોમીટરનું આવર્તન θ (વિભાગ)	શંટનો અવરોધ S (Ω)	ગૅલ્વેનોમીટરનું અર્ધ આવર્તન $\frac{\theta}{2}$ (વિભાગ)	$G = \frac{RS}{R-S}$ (Ω)	$k = \frac{E}{R+G} \cdot \frac{1}{\theta}$ $\frac{\text{એમ્પિયર}}{\text{વિભાગ}}$
(1)						
(2)						
--						
(5)						

ગણતરીઓ

G (ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ)નું સરેરાશ મૂલ્ય = ... Ω

k (ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ)નું સરેરાશ મૂલ્ય = ... એમ્પિયર / વિભાગ

પરિણામ

(1) અર્ધ આવર્તનની રીતથી ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ G = ... Ω

(2) ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ k = ... એમ્પિયર / વિભાગ

સાવચેતીઓ

(1) અવરોધપેટીમાંથી મોટા મૂલ્યનો અવરોધ R કાઢ્યા પછી જ કળ K_1ને ભરાવવી જોઈએ, નહિતર ગૅલ્વેનોમીટરનું ગૂંચળું બળી જઈ શકે.

(2) Rનું મૂલ્ય એવું ગોઠવો કે ગૅલ્વેનોમીટરમાં બેકી વિભાગોનું આવર્તન મળે જેથી $\frac{\theta}{2}$ ખૂબ જ સહેલાઈથી મેળવી શકાય.

(3) બૅટરીનું વિદ્યુતચાલક બળ અચળ રહેવું જોઈએ.

(4) પ્રાયોગિક રીતે શક્ય હોય તેટલો ઊંચા મૂલ્યનો R ઉપયોગમાં લો. આ Gનું ખાતરીપૂર્વક સચોટ મૂલ્ય આપે છે.

(5) બધાં જ જોડાણો અને અવરોધપેટીમાંની બધી કળ ચુસ્ત હોવી જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) અવરોધપેટીમાંની કળ ઢીલી હોઈ શકે અથવા તે સાફ ન પણ હોઈ શકે.

(2) બૅટરીનું વિદ્યુતચાલક બળ અચળ ન પણ હોઈ શકે.

ચર્ચા

(1) K_2 કળ બંધ કરવાથી અને અવરોધપેટી $R_{Box\ 2}$ના અવરોધનું મૂલ્ય ગોઠવતાં તમને ગૅલ્વેનોમીટરમાં θ/2 આવર્તન મળે છે, ત્યારે અવરોધ S ગૅલ્વેનોમીટરના અવરોધ G જેટલો બને છે, કારણ કે R માંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહનો અડધો ભાગ S દ્વારા અને અડધો ભાગ ગૅલ્વેનોમીટર દ્વારા વહેંચાય છે. તે નોંધપાત્ર છે કે R એ S અથવા Gની સાપેક્ષે ખૂબ મોટો છે તેથી કળ K_2 ખોલવાથી કે બંધ કરવાથી Rમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં નજીવો ફેરફાર કરે છે.

(2) ગૅલ્વેનોમીટરની પ્રવાહ સંવેદિતા Cને આપણે એકમ વિદ્યુતપ્રવાહ દીઠ આવર્તન તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય. કળ K_2 ખુલ્લી રાખી, તેમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ

$$C\theta = \frac{E}{R}$$

$$C = \frac{E}{R\theta}$$

(3) સમીકરણ E 6.9 પરથી $RS = G (R - S)$. RSને Y-અક્ષ પર અને $(R - S)$ ને X-અક્ષ પર લઈ દોરેલા RS વિરુદ્ધ $(R - S)$ના આલેખના ઢાળ પરથી પણ ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ G નક્કી કરી શકાય છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) તમે ગૅલ્વેનોમીટરનો ઉપયોગ કરી વિદ્યુતપ્રવાહનું માપન કેવી રીતે કરશો ?

(2) (a) ગૅલ્વેનોમીટર, એમીટર અને વોલ્ટમીટરમાંથી કોને મહત્તમ અવરોધ હશે અને કોને લઘુત્તમ હશે ? સમજાવો.

(b) બે મીટરમાંથી કોને ઓછો અવરોધ હશે - મિલિએમીટર અથવા માઇક્રોએમીટર ?

(3) ગૅલ્વેનોમીટરની સંવેદિતા ક્યાં પરિબળો પર કેવી રીતે આધાર રાખે છે ?

(4) કોષનો આંતરિક અવરોધ શૂન્ય લીધેલ છે. આ દર્શાવે છે કે પ્રયોગમાં આપણે તાજો ચાર્જ કરેલો સંગ્રાહક કોષ અથવા સારી બૅટરી એલિમિનેટર વાપરવી જોઈએ. જો આંતરિક અવરોધ મર્યાદિત હોય, તો તે પરિણામ પર કેવી રીતે અસર કરશે ?

(5) શું $\frac{1}{3}$ આવર્તન લઈને ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ શોધવાનું શક્ય છે ? જો હા તો Gના મૂલ્યની ગણતરીના સૂત્રમાં શું જરૂરી ફેરફાર કરવા જોઈએ ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) R અને $\frac{1}{\theta}$ વચ્ચેનો આલેખ દોરો. (Rને X-અક્ષ પર લો.) આલેખનો ઉપયોગ G અને k નક્કી કરવા માટે કરો.

(2) θને Y-અક્ષ પર અને $\left(\frac{E}{R+G}\right)$ને X-અક્ષ પર લઈ θ વિરુદ્ધ $\left(\frac{E}{R+G}\right)$નો આલેખ દોરો. તમે આ આલેખ પરથી k કઈ રીતે નક્કી કરશો.

(3) G અને kનાં મૂલ્યોનો ઉપયોગ કરીને આપેલા ગૅલ્વેનોમીટરને 0 –3 Aની અવધિવાળા એમીટરમાં રૂપાંતર કરવા જરૂરી શંટનું મૂલ્ય ગણો.

(4) આપેલા ગૅલ્વેનોમીટરને 0 – 30 V ની અવધિવાળા વોલ્ટમીટરમાં રૂપાંતર કરવા જરૂરી શ્રેણી-અવરોધનું મૂલ્ય ગણો.

પ્રયોગ 7

હેતુ

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.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

અવરોધ અને ફિગર ઑફ મેરિટ જ્ઞાત હોય તેવું ગૅલ્વેનોમીટર, 26 અથવા 30 SWG (Standard Wire Gauge) વાળો કોન્સ્ટનટન અથવા મેંગેનીનનો તાર, બૅટરી અથવા બૅટરી એલિમિનેટર, એકમાર્ગી કળ, 200 Ωની અવધિવાળું રીઓસ્ટેટ, 0 – 30 mA અવધિવાળું એમીટર, 3V અવધિવાળું વોલ્ટમીટર, જોડાણ માટેના વાયર અને કાચપેપર.

(i) સિદ્ધાંત (ગૅલ્વેનોમીટરનું એમીટરમાં રૂપાંતર)

ગૅલ્વેનોમીટર એક સંવેદનશીલ સાધન છે કે જે 100 mAના ક્રમના ખૂબ જ નાના વિદ્યુતપ્રવાહની હાજરી નોંધી શકે છે. એમ્પિયરના ક્રમનો વિદ્યુતપ્રવાહ માપવા માટે, G અવરોધ ધરાવતા ગૅલ્વેનોમીટરને સમાંતરમાં શંટ તરીકે ઓળખાતો લઘુ અવરોધ S જોડવામાં આવે છે.

જો પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન માટે પરિપથમાં વહેતો કુલ વિદ્યુતપ્રવાહ I_0 હોય, તો S માંથી પસાર થતો પ્રવાહ $(I_0 - I_g)$ થશે, જ્યાં I_g એ પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન માટે ગૅલ્વેનોમીટરમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ છે. સાધનને એ રીતે અંકિત (માપનું અંકન) કરવામાં આવે છે કે જેથી વિદ્યુતપ્રવાહ સીધેસીધો એમ્પિયરમાં માપી શકાય અને તેનો ઉપયોગ એમીટર તરીકે કરી શકાય. G અને S એકબીજાને સમાંતર જોડાણમાં હોવાથી બંનેના છેડાઓ વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત સમાન થશે. આથી,

$$I_g G = (I_0 - I_g) S \qquad \text{(E 7.1)}$$

અથવા $$S = \frac{I_g G}{I_0 - I_g} \qquad \text{(E 7.2)}$$

ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ જે k સંજ્ઞા વડે રજૂ કરાય છે. તે એક વિભાગને અનુરૂપ વિદ્યુતપ્રવાહ દર્શાવે છે. આમ, જો ગૅલ્વેનોમીટરના માપક્રમ પર કુલ વિભાગની સંખ્યા (કોઈ એક બાજુએ) N હોય, તો વિદ્યુતપ્રવાહ I_g નું મૂલ્ય, $I_g = kN$ વડે આપી શકાય.

જો n એ રૂપાંતરિત ગૅલ્વેનોમીટરમાં વાસ્તવિક આવર્તન દર્શાવતું હોય, તો કુલ વિદ્યુતપ્રવાહ

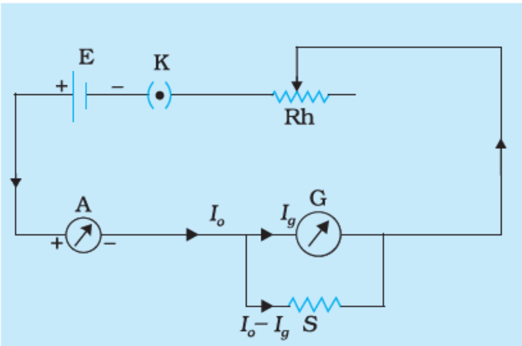
$$I = n\frac{I_o}{N}.$$

પદ્ધતિ

(1) પ્રયોગ 6માં આપેલ પદ્ધતિ અનુસાર ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ G અને ફિગર ઑફ મેરિટ k નક્કી કરો. (નોંધ : જો બૅટરી એલિમિનેટર બદલી શકાય તેવા વૉલ્ટેજ વાળું હોય તો રીઓસ્ટેટની જરૂર નથી.)

(2) ગૅલ્વેનોમીટરના માપક્રમ પર શૂન્યની કોઈ એક તરફ રહેલા કુલ વિભાગોની સંખ્યા N ગણો.

(3) $I_g = Nk$ સંબંધ અનુસાર ગૅલ્વેનોમીટરના પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન માટેનો વિદ્યુતપ્રવાહ I_g ગણો. જ્યાં k એ ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ છે.



આકૃતિ E 7.1 : ગૅલ્વેનોમીટરનું એમીટરમાં રૂપાંતર ચકાસવા માટેનો વિદ્યુત પરિપથ

(4) $S = \dfrac{I_g G}{I_o - I_g}$ સૂત્રનો ઉપયોગ કરીને શંટનો અવરોધ S ગણો.

(5) તારની ત્રિજ્યા r માપો અને વિશિષ્ટ અવરોધ ρના આપેલ મૂલ્ય પરથી, Sના અવરોધ માટે, તારની લંબાઈ l ગણો. ($l = \dfrac{S\pi r^2}{\rho}$ સૂત્રનો ઉપયોગ કરો.)

(6) ધારો કે ગણતરીથી મળેલ તારની લંબાઈ 10 cm છે. તે લંબાઈ કરતાં 3 – 4 cm વધારે લંબાઈવાળો તાર કાપો અને તેને ગૅલ્વેનોમીટરની સમાંતરમાં જોડો અને આકૃતિ E 7.1માં દર્શાવ્યા મુજબ વિદ્યુત-પરિપથ પૂર્ણ કરો.

(7) તારની લંબાઈ એવી ગોઠવો કે જેથી આપણે ગૅલ્વેનોમીટરમાં પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન જોઈ શકીએ ત્યારે એમીટરમાં વિદ્યુતપ્રવાહ 30 mA થાય.

(8) આમ, હવે ગૅલ્વેનોમીટર જેની અવધિ 30 mA છે તેવા એમીટરમાં રૂપાંતરિત થયું.

(9) હવે શંટના તારની ચોક્કસ લંબાઈ માપો અને અગાઉ માપેલ ત્રિજ્યાના મૂલ્ય અને જાણીતા વિશિષ્ટ અવરોધના મૂલ્ય પરથી તેના અવરોધની ગણતરી કરો.

(10) અવરોધના ઉપર્યુક્ત મૂલ્યને સૂત્ર $S = \dfrac{l \times \rho}{\pi r^2}$ ના ઉપયોગથી ગણતરી કરેલ મૂલ્ય સાથે સરખાવો.

અવલોકનો

(1) ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ G (આપેલ) = ... Ω

(2) ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ, k (આપેલ) = ... એમ્પિયર / વિભાગ

(3) ગૅલ્વેનોમીટરના માપક્રમ પર શૂન્યની કોઈ એક તરફ આવેલા વિભાગોની સંખ્યા N = ... વિભાગ

(4) N વિભાગનું પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન ઉત્પન્ન કરવા (મેળવવા) જરૂરી વિદ્યુતપ્રવાહ $I_g = kN$ = ... એમ્પિયર

(5) તારની ત્રિજ્યા:

આપેલ સ્ક્રૂગૅજનું લઘુત્તમ માપ = ... cm

શૂન્ય ત્રુટિ = ... cm

શૂન્ય સુધારો = ... cm

તારના અવલોકિત વ્યાસ:

(i) .... cm (ii) .... cm

(iii) .... cm (iv) .... cm

અવલોકિત સરેરાશ વ્યાસ D = ... cm

તારની ત્રિજ્યા $r = \frac{D}{2}$ = ... cm

ગણતરીઓ

(1) શંટ અવરોધ = $S = \frac{I_g G}{I_0 - I_g}$ = ... Ω

(2) તારના દ્રવ્યના વિશિષ્ટ અવરોધનું આપેલ મૂલ્ય ρ = ... Ω m

(3) તારની જરૂરી લંબાઈ $l = \frac{S\pi r^2}{\rho}$ = ... cm

(4) ઇચ્છિત અવધિ માટે શંટના તારની અવલોકિત લંબાઈ l' = ... cm

(5) અવલોકિત લંબાઈના તાર પરથી શંટનો અવરોધ $S' = \frac{l' \times \rho}{\pi r^2}$ = ... Ω

પરિણામ

આપેલ ગૅલ્વેનોમીટરને 0 થી .... એમ્પિયરની અવધિ ધરાવતા એમીટરમાં રૂપાંતરિત કરવા માટે,

(1) ગણતરી કરેલ શંટ તારનો અવરોધ S = ... Ω

(2) અવલોકિત શંટ તારનો અવરોધ S' = ... Ω

સાવચેતીઓ

(1) ચકાસણી માટે જે એમીટરનો ઉપયોગ કરો તેની અવધિ રૂપાંતર માટેની અવધિ જેટલી હોવી જોઈએ.

(2) ગણતરી કરેલ તારની લંબાઈ કરતાં 3 થી 4 cm વધારે કાપો.

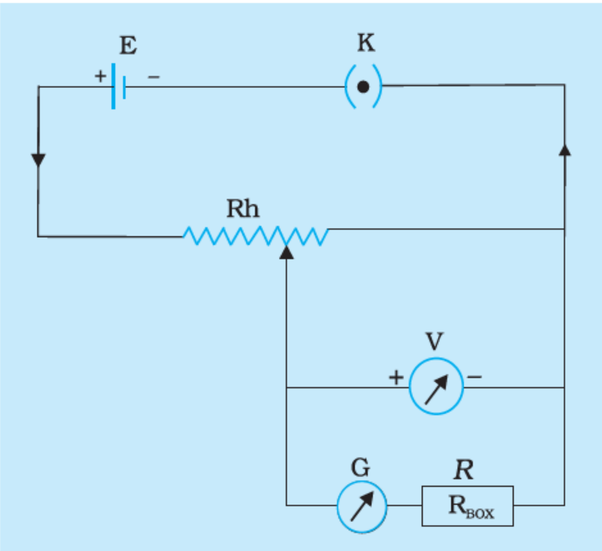
(3) તારની લંબાઈની ગોઠવણી કર્યા બાદ, બે પ્લગની વચ્ચેની તારની લંબાઈ ચોકસાઈપૂર્વક માપો.

(ii) સિદ્ધાંત (ગૅલ્વેનોમીટરનું વોલ્ટમીટરમાં રૂપાંતર)

ગૅલ્વેનોમીટર સાથે શ્રેણીમાં યોગ્ય મૂલ્યનો મોટો અવરોધ જોડવાથી, તે વોલ્ટમીટરમાં રૂપાંતરિત થાય છે. વોલ્ટમીટર હંમેશાં જે વિદ્યુત ઘટકના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત માપવાનો હોય તેને સમાંતર જોડવામાં આવે છે.

જો ગૅલ્વેનોમીટર (G અવરોધ ધરાવતું) મહત્તમ પ્રવાહ માટે પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન દર્શાવે, તો ગૅલ્વેનોમીટરના સમાંતર વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત I_gG. જો રૂપાંતરિત ગૅલ્વેનોમીટરની ઇચ્છિત અવધિ V_o વોલ્ટ રાખવી હોય, તો ગૅલ્વેનોમીટરની શ્રેણીમાં જોડવો પડતો જરૂરી અવરોધ $R = \frac{V_o}{I_g} - G$ વડે આપી શકાય.

પદ્ધતિ



આકૃતિ E 7.2 : ગૅલ્વેનોમીટરનું વોલ્ટમીટરમાં રૂપાંતરની ચકાસણી માટેનો વિદ્યુત પરિપથ

(1) V_o, I_g અને Gનાં આપેલ મૂલ્યો માટે શ્રેણી-અવરોધ Rના મૂલ્યની ગણતરી કરો.

(2) આકૃતિ E 7.2માં દર્શાવ્યા મુજબ કોષ અને રૂપાંતરિત ગૅલ્વેનોમીટર અને નજીકની સમાન અવધિ ધરાવતું વોલ્ટમીટર, ઉચ્ચ અવરોધ ધરાવતા રીઓસ્ટેટ સાથે સમાંતરમાં જોડો.
(નોંધ : જો બૅટરી એલિમિનેટર બદલી શકાય તેવા વૉલ્ટેજ વાળું હોય તો રીઓસ્ટેટની જરૂર નથી.)

(3) કળ K બંધ કરો અને રીઓસ્ટેટને એવી રીતે ગોઠવો કે વોલ્ટમીટરએ ઇચ્છિત અવધિ (3 V)ના વોલ્ટેજ દર્શાવે. સાથે સાથે, રીઓસ્ટેટના સ્લાઇડરની સ્થિતિ અને અવરોધપેટીમાંના અવરોધનું મૂલ્ય પણ એવું ગોઠવો કે જેથી ગૅલ્વેનોમીટરમાં પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન અવલોકિત થાય ત્યારે વોલ્ટમીટર 3 V દર્શાવે. અવરોધપેટીમાંનો કુલ અવરોધ નોંધો.

અવલોકનો

(1) ગૅલ્વેનોમીટરનો અવરોધ G (આપેલ) = ... Ω

(2) ગૅલ્વેનોમીટરની ફિગર ઑફ મેરિટ, k (આપેલ) .... એમ્પિયર / વિભાગ

(3) ગૅલ્વેનોમીટરના માપક્રમ પર શૂન્યની કોઈ એક તરફ આવેલા વિભાગોની સંખ્યા N = ... વિભાગ

(4) N વિભાગનું પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન ઉત્પન્ન કરવા (મેળવવા) જરૂરી વિદ્યુતપ્રવાહ $I_g = kN$ = ... એમ્પિયર

(5) અવરોધપેટીમાંથી કાઢેલ કુલ અવરોધ = ... Ω

ગણતરીઓ

ગૅલ્વેનોમીટર સાથે શ્રેણીમાં જોડેલ અવરોધ

$$R = \frac{V_o}{I_g} - G = \text{..................}\ \Omega$$

પરિણામ

આપેલ ગૅલ્વેનોમીટરનું 0 થી .... Vની અવધિવાળા વોલ્ટમીટરમાં રૂપાંતર કરવા,

(1) ગણતરી કરેલ શ્રેણી-અવરોધનું મૂલ્ય R = ... Ω

(2) અવલોકિત કરેલ શ્રેણી-અવરોધનું મૂલ્ય R' = ... Ω

(3) પૂર્ણ સ્કેલ આવર્તન માટે વિદ્યુતપ્રવાહ I_g = ... એમ્પિયર

સાવચેતીઓ

(1) ઉપયોગમાં લીધેલ અવરોધપેટી ઉચ્ચ અવરોધવાળી હોવી જોઈએ.

(2) રીઓસ્ટેટ પોટૅન્શિયલ ડિવાઇડર (વિદ્યુતસ્થિતિમાન વિભાજક) તરીકે વાપરવું જોઈએ.

(3) ગૅલ્વેનોમીટરને થતું કોઈ પણ પ્રકારનું નુકસાન અટકાવવા માટે અવરોધપેટીમાંથી પ્રથમ 10 $k\Omega$ના ક્રમનો ઉચ્ચ અવરોધ કાઢો (ઉપયોગ કરો) અને પછી બૅટરીની કળ બંધ કરો.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

તાર અસમાન આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતો હોઈ શકે.

ચર્ચા

(1) જો તારના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ અસમાન હોય તો, તે અવલોકનોને કઈ રીતે અસર કરશે ?

(2) રીઓસ્ટેટને પ્રવાહ વિભાજક અને વિદ્યુતસ્થિતિમાન વિભાજક તરીકે ઉપયોગ કરો.

(3) તમારા સાધનમાં ઘર્ષણ ઘણું નાનું છે તે તપાસવા માટે, સમાન ગોઠવણી માટે 5 થી 10 વખત θનું માપન કરો. જો દરેક વખતે, દર્શક માપક્રમ પરના ચોક્કસ સમાન બિંદુએ જ આવે, તો તમારા સાધનમાં ઘર્ષણ ખૂબ જ નાનું છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) તમે રૂપાંતરિત ગૅલ્વેનોમીટરની અવધિ વધારીને 0 – 60 mA કેવી રીતે કરશો ?

(2) તમે રૂપાંતરિત ગૅલ્વેનોમીટરની અવધિ ઘટાડીને 0 — 20 mA કેવી રીતે કરશો ?

(3) જો $S << G$ તો રૂપાંતરિત ગૅલ્વેનોમીટરના અવરોધનો ક્રમ શું હશે ?

(4) વિદ્યુત-પરિપથમાં એમીટર શા માટે હંમેશાં શ્રેણી-જોડાણમાં જોડવામાં આવે છે ?

(5) વિદ્યુત-પરિપથમાં વોલ્ટમીટર શા માટે હંમેશાં સમાંતર જોડાણમાં જોડવામાં આવે છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) જો સમાન દ્રવ્યના તારની ત્રિજ્યા બમણી કરવામાં આવે, તો તારની લંબાઈ ગણો.

(2) જો સમાન ત્રિજ્યા હોય પરંતુ ઉપયોગમાં લીધેલ દ્રવ્ય તાંબું હોય, તો તારની લંબાઈ ગણો.

(3) એમીટર અને વોલ્ટમીટરની અવધિ બદલો અને ઉપર પ્રયોગમાં દર્શાવેલ સમાન પદ્ધતિને અનુસરી પુનરાવર્તન કરો.

(4) રૂપાંતરિત એમીટર / વોલ્ટમીટરનો ચકાસણી માટે ઉપયોગ કરો કે અવધિ રૂપાંતર માટેની સમાન અવધિ હોય.

પ્રયોગ 8

હેતુ

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

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

સોનોમીટર કે જેના ઉપર નરમ લોખંડનો તાર ખેંચાયેલ હોય, વિદ્યુતચુંબક (electromagnet), સ્ટેપડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર, ખાંચાવાળા $\frac{1}{2}$ kg ના વજનિયાંનું હેંગર, ભૌતિક તુલા, તીક્ષ્ણ ધારવાળી બે ફાચર (ટેકાઓ) અને વજનપેટી

સિદ્ધાંત

બંને છેડે જડિત આધારવાળી, ખેંચાયેલી દોરીમાં મૂળભૂત રીતે દોલનો (મોડ ઑફ વાઈબ્રેશન)ની આવૃત્તિ $n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$ વડે આપી શકાય છે. (E 8.1)

અહીં l એ દોલિત દોરીની લંબાઈ છે, T એ તારમાં તણાવબળ છે અને m એ દોરી (અથવા તાર)ની એકમ લંબાઈ દીઠ દ્રવ્યમાન છે.

જો વિદ્યુતચુંબકની કૉઈલ (ગૂંચળા)માંથી ઊલટસૂલટ પ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે છે, કોર (ગર્ભ)માં ઉદ્‌ભવતું ચુંબકત્વ એ વિદ્યુતપ્રવાહના તાત્ક્ષણિક મૂલ્યના સમપ્રમાણમાં હોય છે. જો વિદ્યુતચુંબકને સોનોમીટર તારની નજીક મધ્યમાં મૂકવા (રાખવા)માં આવે, તો તાર દરેક ચક્ર દરમિયાન વિદ્યુતચુંબક તરફ બે વખત આકર્ષાય છે. તાર દ્વારા અનુભવાતું આકર્ષણ બળ એ વિદ્યુતચુંબકના કોરમાં ઉદ્‌ભવતા ચુંબકત્વના સમપ્રમાણમાં હોય છે. દરેક ચક્ર દરમિયાન, તાર બે વખત ખેંચાશે અને તેથી અનુનાદ વખતે, તે એવી આવૃત્તિથી દોલિત થશે કે જે ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિથી બમણી હશે. આથી, જો એ ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિ f હોય તો

$$f = \frac{n}{2} = \frac{1}{4l}\sqrt{\frac{T}{m}} \qquad \text{(E 8.2)}$$

$$4\,n^2 l^2 m = T$$

અથવા $l^2 = \frac{1}{4n^2m} \times T$

T (X-અક્ષ પર લઈને) અને l^2 (Y-અક્ષ પર લઈને) વચ્ચેનો આલેખ સુરેખ રેખા મળવી જોઈએ.

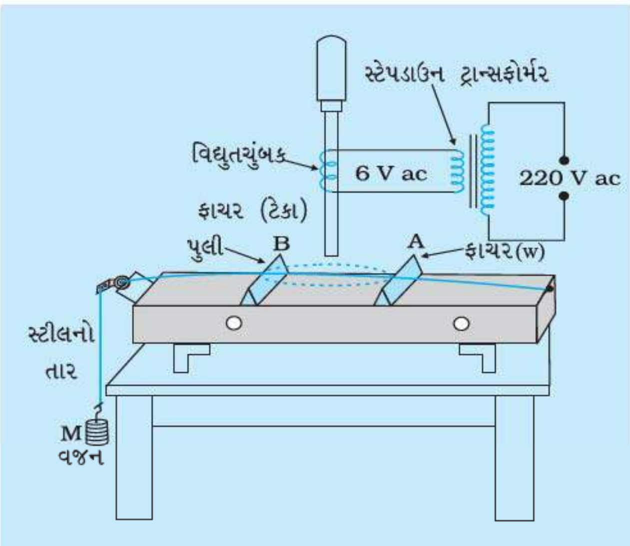
આ રેખાનો ઢાળ $\frac{1}{4n^2m}$ મળવો જોઈએ. આથી

(E 8.3) $$n^2 = \frac{1}{4m \times \text{ઢાળ}}$$

$$\therefore n = \frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{m \times \text{ઢાળ}}}$$

ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિ $f = \frac{n}{2} = \frac{1}{4}\frac{1}{\sqrt{m \times \text{ઢાળ}}}$ એ ઢાળના મૂલ્યનો ઉપયોગ કરી નક્કી કરી શકાય.

પદ્ધતિ



આકૃતિ E 8.1 : સોનોમીટરની મદદથી ac મેઈન્સની આવૃત્તિ શોધવા માટેની ગોઠવણી

(1) સોનોમીટરને ગોઠવો અને હેંગરમાં $\frac{1}{2}$ kgનું વજનિયું મૂકીને તાર ABને ખેંચો. (આકૃતિ E 8.1)

(2) વિદ્યુતચુંબકને સ્ટૅન્ડમાં ગોઠવો અને તેને સ્ટેપડાઉન ટ્રાન્સફૉર્મરના ગૌણ ગૂંચળા સાથે જોડો. તેના સ્થાનને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેનો એક છેડો સોનોમીટર તારના મધ્યની નજીકમાં રહે.

(3) ઊલટસૂલટ પ્રવાહના પુરવઠાને ચાલુ કરો અને ફાચર (ટેકા) W અથવા W' ને સરકાવીને દોલિત ગાળા ABની લંબાઈને ગોઠવો. આ ગોઠવણી ત્યાં સુધી કરો કે જેથી દોલિત થતા તારમાં કંપવિસ્તાર મહત્તમ મળે.

(4) દોલિત લંબાઈ માપો અને દોરીમાં તણાવની નોંધ કરો.

(5) વજનિયાં $\frac{1}{2}$ kgના પદ (ક્રમ)માં વધારતા જાવ અને દરેક સમયે દોલિત-લંબાઈ શોધો.

(6) ac પુરવઠો બંધ કરો. સોનોમીટર તારને તેની ખીલીઓમાંથી ખોલો અને ભૌતિક તુલા વડે તેનું દ્રવ્યમાન કરો. 100 cmના સોનોમીટરના તારનું દ્રવ્યમાન ગણો. તેથી, તાર માટે એકમ લંબાઈ દીઠ દ્રવ્યમાન, m શોધો.

અવલોકનો

(1) તારની લંબાઈ = ... cm = ... m

(2) તારનું દ્રવ્યમાન = ... g = ... kg

(3) એકમ લંબાઈ દીઠ દ્રવ્યમાન m = ... g/cm = ... kg/m

(4) ગુરુત્વપ્રવેગ g = ... ms^{-2}

કોષ્ટક E 8.1 : અનુનાદિય લંબાઈ

ક્રમ	હેંગરનું વજનિયાં સહિત દ્રવ્યમાન (kg)	તણાવ T = mg (N)	અનુનાદિય લંબાઈ l			સરેરાશ l (m)માં	$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$ (Hz)
			પ્રથમ પ્રયત્ને (cm)	બીજા પ્રયત્ને (cm)	સરેરાશ (cm)		
(1)							
(2)							
(3)							
(4)							
						સરેરાશ	

ગણતરીઓ

(1) દરેક સમૂહ માટે, ઉપર આપેલ સૂત્રના ઉપયોગથી n નું મૂલ્ય ગણો. આ મૂલ્યોનું સરેરાશ શોધો.

(2) Y-અક્ષ પર l^2 અને X-અક્ષ પર T લઈ l^2 વિરુદ્ધ T નો આલેખ દોરો. આલેખનો ઢાળ નક્કી કરો. ઢાળના આ મૂલ્યના ઉપયોગથી ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિ નક્કી કરો.

પરિણામ

(1) T અને l^2 વચ્ચેનો આલેખ સુરેખ રેખા છે.

(2) આલેખનો ઢાળ $= \frac{1}{4mn^2}$ = ...

(3) ac પુરવઠા (સપ્લાય)ની આવૃત્તિ $f = \frac{n}{2}$

(i) ગણતરી પરથી = ... હર્ટ્ઝ

(ii) આલેખ પરથી = ... હર્ટ્ઝ

સાવચેતીઓ

(1) પુલી શક્ય એટલી ઘર્ષણરહિત હોવી જોઈએ.

(2) ફાચર (ટેકા)ની ધાર તીક્ષ્ણ હોવી જોઈએ.

(3) વિદ્યુતચુંબકનો છેડો સોનોમીટર તારના મધ્યમાં નજીક હોવો જોઈએ.

(4) દરેક અવલોકનો લીધાં બાદ, થોડી મિનિટો માટે પરિપથ બંધ કરી દેવો.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) પુલીનું ઘર્ષણબળ એ આ પ્રયોગમાં ત્રુટિના મુખ્ય ઉદ્‌ગમ છે. આ કારણે, વાસ્તવિક રીતે આપેલા તણાવ કરતાં તાર પર અનુભવાતું તણાવનું મૂલ્ય ઓછું હોય છે.

(2) AC આવૃત્તિ સ્થિર હોતી નથી.

ચર્ચા

(1) ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિ એ દોલિત થતી દોરી (તાર)ની આવૃત્તિથી અડધી હોય છે.

(2) સારાં પરિણામો માટે સોનોમીટર તાર નરમ લોખંડમાંથી બનાવવો જોઈએ.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) ac એ dc થી કઈ રીતે જુદો પડે છે ?

(2) ac ની આવૃત્તિનો શું અર્થ થાય છે ?

(3) તાર દોલિત કઈ રીતે કરે છે ? ઓળખી કાઢો અને તેના નિયમો કે જેની મદદથી તમે તાર પર લાગતા બળની દિશા નક્કી કરી તે સમજાવો.

(4) લોખંડમાં એવો શું ગુણધર્મ છે કે જે તેને સારો વિદ્યુતચુંબક બનાવે છે ?

(5) શું આવૃત્તિ અને વિદ્યુતચુંબકના ચુંબકત્વ અને ઊલટસૂલટ આવૃત્તિ વચ્ચે કોઈ સંબંધ છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/ પ્રવૃત્તિઓ

ઉપરનો પ્રયોગ ઘોડાની નાળ જેવા કાયમી ચુંબકની મદદથી કરો અને સોનોમીટર તારમાંથી ઊલટસૂલટ પ્રવાહ પસાર કરો. આ કિસ્સામાં અનુનાદિય આવૃત્તિ એ ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિ જેટલી હોય છે. સોનોમીટર તાર નરમ લોખંડનો હોવો જરૂરી નથી. આ હેતુ માટે તમે કોન્સ્ટનટન અથવા મેંગેનીનનો તાર વાપરી શકો.

પ્રયોગ 9

હેતુ

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

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ઓપ્ટિકલ બેન્ચ (પ્રકાશીય પાટલી), તીક્ષ્ણ ધારવાળી બે પિન, 20 cm કરતાં ઓછી કેન્દ્રલંબાઈવાળો અંતર્ગોળ અરીસો, ક્લેમ્પ સહિતના ત્રણ શિરોલંબ (ટટ્ટાર) સ્ટૅન્ડ, પાતળી પિન (ગૂંથણ માટેની પિન ચાલે), માપપટ્ટી અને સ્પિરિટ લેવલ

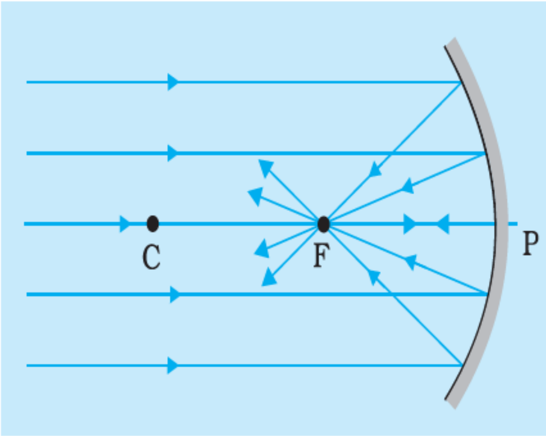
પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) અરીસાની મુખ્ય અક્ષ એ વક્રતાકેન્દ્ર અને અરીસાના ધ્રુવમાંથી પસાર થતી રેખા છે.

(2) મુખ્ય કેન્દ્ર એ એવું બિંદુ છે કે જ્યાં મુખ્ય અક્ષને સમાંતર કિરણો, અરીસાની સપાટી પરથી પરાવર્તન પામ્યા બાદ ભેગા થાય છે. (આકૃતિ E 9.1)

(3) અરીસાના ભૌમિતિક કેન્દ્રને ધ્રુવ P કહેવાય છે.

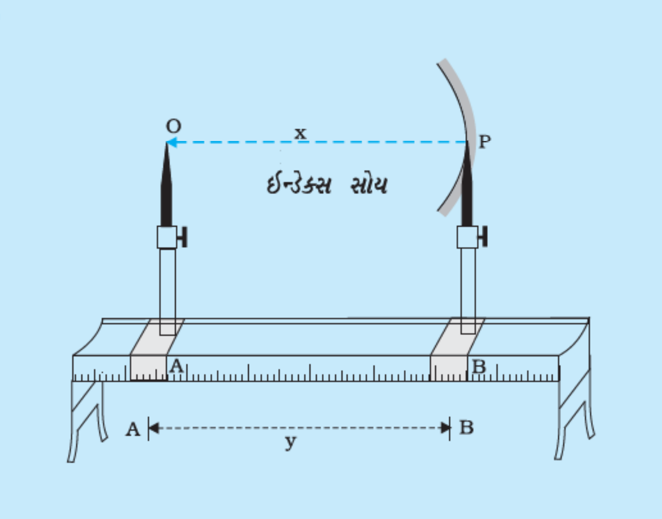
(4) કેન્દ્રલંબાઈએ ધ્રુવ P અને મુખ્ય કેન્દ્ર F વચ્ચેનું અંતર છે.



આકૃતિ E 9.1 : અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ

ઈન્ડેક્સ-સુધારણા

સામાન્ય રીતે બે વસ્તુઓ વચ્ચેનાં સંબંધિત બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર, તેમની ટોચ પરનાં બિંદુઓ માટે માપપટ્ટી વડે માપેલા અંતર જેટલું હોતું નથી. દાખલા તરીકે, આકૃતિ E 9.2માં બે શિરોલંબ(ટટ્ટાર) બિંદુ વચ્ચેનું અંતર એ પિનની ટોચ અને અરીસાના ધ્રુવ વચ્ચેનું સાચું અંતર આપતા નથી. આ સુધારો જરૂરી છે, આથી, તે લાગુ પડાય છે. જેને ઈન્ડેક્સ-સુધારો કહેવાય છે.



આકૃતિ E 9.2 ઈન્ડેક્સ સુધારો નક્કી કરવો.

દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ

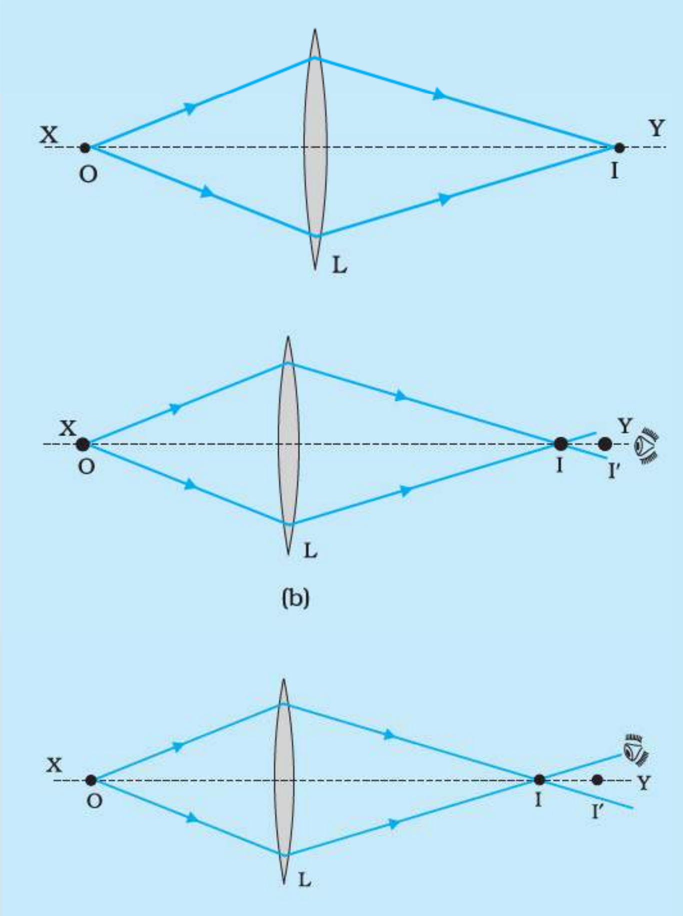
આ એક વસ્તુના પ્રતિબિંબના સ્થાનમાં કાર્યરત છે.

દાખલા તરીકે, આકૃતિ E 9.3 (a)માં દર્શાવ્યા અનુસાર O અને I એ અરીસા / લેન્સ માટે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ બિંદુઓ છે.

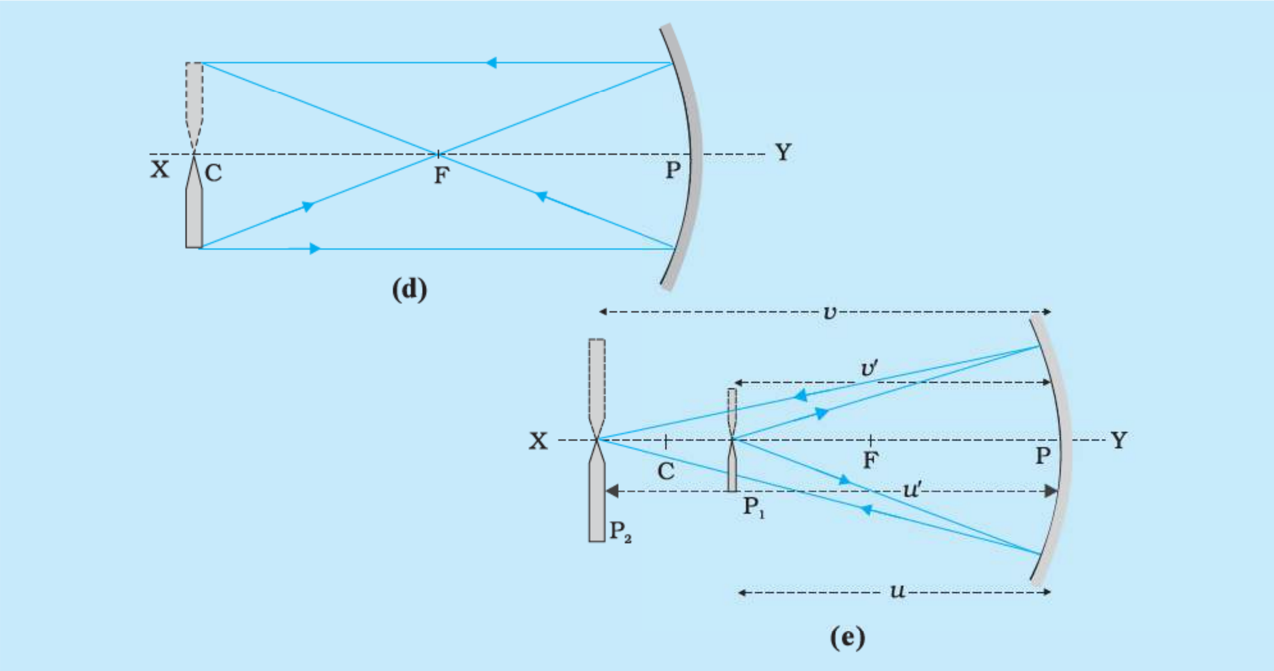
વસ્તુનું બિંદુ O અને તેના સાચા પ્રતિબિંબ 'I' એ એકાંતર બિંદુઓ છે. એટલે કે બેમાંથી ગમે તે એકને વસ્તુ તરીકે અને બીજાને પ્રતિબિંબ તરીકે લઈ શકાય. આમ, તે બંને બિંદુઓ પાસે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદને દૂર કરવાની ચોક્કસ ગોઠવણી માટે મદદરૂપ થાય છે.

જો આપણે એમ કહીએ કે, વસ્તુ O (વસ્તુ પિન) અને તેના પ્રતિબિંબ I વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ નથી તો જ્યાંથી આપણે અવલોકન લેતા હોય, ત્યાંથી આંખને (નજરને) ડાબે અને પછી જમણે ફેરવતાં, વસ્તુ અને તેના પ્રતિબિંબ બંને અરીસા/લેન્સની સાપેક્ષે એકસાથે ખસતાં દેખાશે. તે દર્શાવે છે કે ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર બંનેનાં સ્થાન સમાન છે. (આકૃતિઓ E 9.3 (d) અને (e)). જો તેમનાં સ્થાન સમાન ન હોય ત્યારે તેમની એક સ્થિતિમાં એકરૂપ દેખાશે અને બીજામાં તેઓ છૂટા પડેલા દેખાશે. (આકૃતિઓ E 9.3 (b) અને (c))

આ રીત દ્વારા ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવાની પદ્ધતિને દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીત કહે છે.



આકૃતિ E 9.3 (a),(b),(c) : ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર પિનની મદદથી પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવું



આકૃતિ E 9.3 (d),(e) : અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવા માટેની કિરણ રેખાકૃતિ

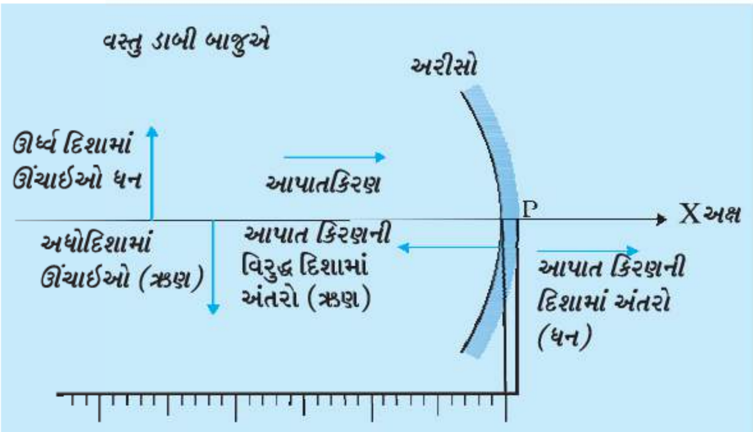
સંજ્ઞા-પદ્ધતિ

(1) બધાં જ અંતરો એ અરીસાના ધ્રુવ (અથવા લેન્સના ઑપ્ટિકલ કેન્દ્ર) P થી માપવામાં આવે છે.

(2) આપાત કિરણના પ્રસરણની દિશામાં માપેલ અંતર ધન તરીકે અને તેની વિરુદ્ધ દિશામાં માપેલ અંતરને ઋણ તરીકે લેવામાં આવે છે.

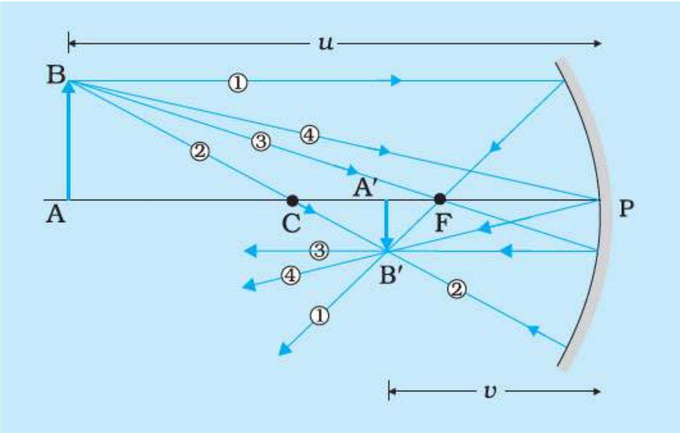
(3) ઉપરની દિશામાં માપેલ ઊંચાઈઓ (અરીસા / લેન્સની મુખ્ય અક્ષથી ઉપર તરફ) ધન તરીકે અને નીચેની દિશામાં માપેલ ઊંચાઈઓ ઋણ તરીકે લેવામાં આવે છે. (આકૃતિ E 9.4)

નોંધ : કાર્તેઝિય સંજ્ઞા પરંપરા*(પધ્ધતિ)* માં, વસ્તુને હંમેશાં અરીસા અથવા લેન્સની ડાબી બાજુએ રાખવામાં આવે છે.



આકૃતિ E 9.4 : કાર્તિઝિય સંજ્ઞા પરંપરા (પધ્ધતિ)

ગોલીય અરીસાઓમાં કિરણ પથ



આકૃતિ E 9.5 અંતર્ગોળ અરીસા વડે પ્રતિબિંબની રચના માટેના કિરણ માર્ગ

પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા, આપણે માત્ર અમુક ચોક્કસ પથ/માર્ગ અથવા કિરણો (ઓછામાં ઓછા બે)ના પથ આકૃતિ E 9.5 માં દર્શાવ્યા મુજબ ધ્યાનમાં લેવા જોઈએ. સરળતા ખાતર, પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે કોઈ પણ બે કિરણો લેવામાં આવે છે.

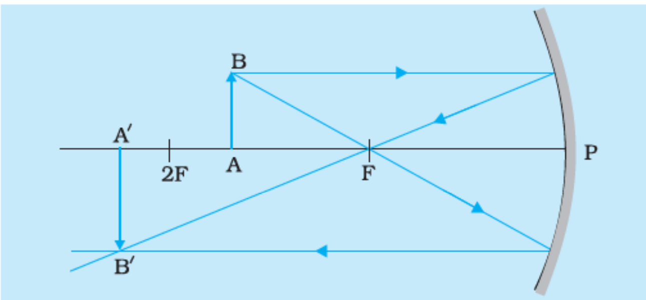
(1) અરીસાની મુખ્ય અક્ષને સમાંતર આપાત થયેલ કિરણ મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી કાં તો પસાર થશે. (અંતર્ગોળ અરીસો) અથવા તેમાંથી નીકળી દૂર જતા દેખાશે. (બહિર્ગોળ અરીસો)

(2) આપાતકિરણ વક્રતાકેન્દ્ર C માંથી પસાર થાય (અંતર્ગોળ અરીસો) અથવા પસાર થતા હોય તેમ દેખાય (બહિર્ગોળ અરીસો), તો મૂળ માર્ગે પાછું ફેંકાશે એટલે કે પરાવર્તન પામી મૂળ માર્ગ પર જ પાછું જશે. તમે જોઈ શકો (નોંધી શકો) કે આ કિરણ અરીસા પર લંબરૂપે આપાત થાય છે.

(3) જે આપાતકિરણ મુખ્ય કેન્દ્ર F માંથી પસાર થતું હોય (અંતર્ગોળ અરીસો) અથવા પસાર થતું હોય તેવું દેખાય (બહિર્ગોળ અરીસો) તે અરીસા દ્વારા પરાવર્તન પામી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર બનશે.

(4) અરીસાના ધ્રુવ P પર આપાત થતું આપાતકિરણ મુખ્ય અક્ષ સાથે તેટલા જ કોણે પરાવર્તન પામશે જેટલા આપાતકોણે તે આપાત થયું હોય.

સિદ્ધાંત



આકૃતિ E 9.6 : અંતર્ગોળ અરીસામાં પ્રતિબિંબની નિર્માણ, વક્રતાત્રિજ્યા અને મુખ્ય કેન્દ્ર Fની વચ્ચે વસ્તુ, વક્રતાકેન્દ્ર અને અનંતની વચ્ચે વાસ્તવિક, ઊલટું અને વિવર્ધિત પ્રતિબિંબ

f કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા અંતર્ગોળ અરીસાના ધ્રુવથી u જેટલા અંતરે મૂકેલી વસ્તુ માટે, ધ્રુવથી υ જેટલા અંતરે પ્રતિબિંબ રચાશે. આ અંતરો વચ્ચેનો સંબંધ (અંતર્ગોળ અરીસા માટે) $\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{\upsilon}$ અથવા $f=\frac{u\upsilon}{u+\upsilon}$ છે.

જો વસ્તુ (વસ્તુ પિન)ને અંતર્ગોળ અરીસાની પરાવર્તક સપાટીની સામે એવી રીતે ગોઠવેલ છે કે જેથી વસ્તુનું સ્થાન અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર F અને વક્રતાકેન્દ્ર Cની વચ્ચે હોય, ત્યારે વાસ્તવિક, ઊલટું અને વિવર્ધિત A'B' પ્રતિબિંબ એ અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર C અને અનંત અંતરની વચ્ચે રચાશે. (આકૃતિ E 9.6)

આમ, આવા કિસ્સામાં રચાતું પ્રતિબિંબ ચોખ્ખું અને જોવામાં સરળ હોય તેવું રચાય છે. અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ, ઉપર્યુક્ત સંબંધના ઉપયોગથી વસ્તુને 2F અને મુખ્ય કેન્દ્ર Fની વચ્ચે મૂકી નક્કી કરી શકાય છે.

પદ્ધતિ

(1) ખૂબ જ દૂર રહેલી વસ્તુનાં કિરણોને અંતર્ગોળ અરીસા દ્વારા કેન્દ્રિત કરીને પ્રતિબિંબ મેળવી કેન્દ્રલંબાઈનું અંદાજિત મૂલ્ય મેળવો. દૂર રહેલા મકાન અથવા ઝાડનું તેજસ્વી અને ચોખ્ખું પ્રતિબિંબ સમતલ દીવાલ અથવા કાગળ ઉપર મેળવો અને અરીસા તથા પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર માપો જે અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ આપે છે.

(2) દૃઢ ટેબલ પર ઓપ્ટિકલ બેન્ચ ગોઠવો. સ્પિરિટ લેવલ અને બેન્ચના પાયામાં આપેલ લેવલિંગ સ્ક્રૂની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ બનાવો (ગોઠવો).

(3) અપરાઇટમાં અંતર્ગોળ અરીસાને જડિત કરો અને તેને ઓપ્ટિકલ બેન્ચના એક છેડાની નજીક રહે તેમ ઊર્ધ્વ ગોઠવો. ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર વસ્તુ પિન P_1 ને આગળ અને પાછળ એવી રીતે ખસેડો કે જેથી તેનું પ્રતિબિંબ સમાન ઊંચાઈ ધરાવતું રચાય. પિનની ઊંચાઈ અથવા અરીસાના નમન માટે સૂક્ષ્મ ગોઠવણ કરો. આ પ્રક્રિયા એવું દર્શાવે છે કે અરીસાની મુખ્ય અક્ષ એ ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર છે.

(4) બીજી એક તીક્ષ્ણ અને પ્રકાશીત પિન P_2ને અંતર્ગોળ અરીસાની પરાવર્તક સપાટીની સામે ઊર્ધ્વ રીતે રહે તેમ ગોઠવો. P_1 અને P_2 પિનને એવી રીતે ગોઠવો કે, જેથી ઓપ્ટિકલ બેન્ચના પાયાથી તેમની ટોચની ઊંચાઈઓ અરીસાના ધ્રુવ Pની ઊંચાઈ જેટલી થાય. (આકૃતિ E 9.3 (e))

(5) ઇન્ડેક્સ-સુધારો નક્કી કરવા માટે, સુરેખ પાતળી ઇન્ડેક્સ સોય એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેનો એક છેડો A_1 પિનની ટોચને સ્પર્શે અને બીજો છેડો B_1 અરીસાના ધ્રુવને સ્પર્શે. અપરાઇટ્સ (સ્તંભ)ના સ્થાન માપપટ્ટી પર વાંચો. તેમનો તફાવત એ પિનની ટોચ અને અરીસાના ધ્રુવ વચ્ચેનું અવલોકિત અંતર આપે છે. સોય A_1B_1 ની લંબાઈ માપવા માટે તેને માપપટ્ટી પર મૂકો કે જે અભ્યાસમાં લીધેલ છે તે બિંદુઓ વચ્ચેનું વાસ્તવિક અંતર દર્શાવે છે. આ બંનેનો તફાવત એ સુધારો આપે છે. અવલોકિત અંતરમાં લાગુ પાડવામાં આવે છે. બંને પિન P_1 અને P_2નાં બધાં માપનો માટે ઇન્ડેક્સ-સુધારો શોધો.

(6) પિન P_1ને અરીસાથી દૂર ખસેડો અને તેને લગભગ 2F અંતરે ગોઠવો. પિનનું સમાન માપનું ઊલટું પ્રતિબિંબ દેખાવું જોઈએ.

(7) હવે બેન્ચ પર બીજી પિન P_2 ગોઠવો, તેની ઊંચાઈ પણ લગભગ પહેલાંની પિન જેટલી જ ગોઠવો. એક પિનની ટોચ પર કાગળનો (નાનો) ટુકડો મૂકો, તેને વસ્તુ પિન તરીકે લો.

(8) કાગળ સાથેની પિનને F અને 2Fની વચ્ચે ના કોઈ અંતરે ગોઠવો.

(9) બીજી પિનની મદદથી પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરો. યાદ રાખો કે પ્રતિબિંબ અને આ પિન વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર થવો જોઈએ.

(10) u અને v નાં મૂલ્યો નોંધો એટલે કે અરીસાથી અનુક્રમે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ પિન વચ્ચેનાં અંતરો.

(11) વસ્તુનાં ઓછામાં ઓછા પાંચ જુદાં જુદાં સ્થાનો માટે પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને તદનુરૂપ v નાં મૂલ્યો નક્કી કરો. તમારાં અવલોકનો અવલોકન-કોષ્ટકમાં (કોષ્ટક સ્વરૂપે) નોંધો.

(12) ઈન્ડેક્સ-સુધારો લાગુ પાડ્યા બાદ સુધારેલ u અને v નાં મૂલ્યો નોંધો. કેન્દ્રલંબાઈ fનું મૂલ્ય શોધો.

અવલોકનો:

(1) અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ = ... cm

(2) ઈન્ડેક્સ સોયની મદદથી વસ્તુનું અરીસાથી માપેલ વાસ્તવિક અંતર l_o = ... cm

(3) અરીસાથી વસ્તુનું અવલોકિત અંતર = માપપટ્ટી પર અરીસાના અપરાઈટનું સ્થાન – વસ્તુ પિનના અપરાઈટનું સ્થાન l'_0 = ... cm

(4) વસ્તુ-અંતર માટે ઈન્ડેક્સ-સુધારો, e = વાસ્તવિક અંતર - અવલોકિત અંતર

$= l_0 - l'_0 =$ .... cm

તે જ રીતે પ્રતિબિંબ પિન માટે,

$e_i = l_i - l_i^1 =$ .... cm.

કોષ્ટક E 9.1 : u, v અને f નક્કી કરવા

ક્રમ		સ્થાન		અવલોકિત	અવલોકિત	સુધારેલ	સુધારેલ	$f = \frac{uv}{u+v}$	Δf
	અરીસો	વસ્તુ પિન	પ્રતિબિંબ પિન	u' (cm)	v' (cm)	$u = u' + e$ (cm)	$v = v' + e_i$ (cm)	(cm)	(cm)
	M (cm)	P_1 (cm)	P_2 (cm)						
1									
2									
--									
6									
							સરેરાશ		

ગણતરીઓ

u અને v નાં સુધારેલાં મૂલ્યો ગણો અને તે પરથી fનું મૂલ્ય ગણો. તેમને અવલોકન કોષ્ટકમાં નોંધો અને આપેલા અંતર્ગોળ અરીસા માટે કેન્દ્રલંબાઈનું સરેરાશ મૂલ્ય શોધો.

ત્રુટિ

$$\because \frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{\upsilon}$$

$$\frac{\Delta f}{f^2}=\frac{\Delta u}{u^2}+\frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2}$$

અથવા $\Delta f = f^2\left[\frac{\Delta u}{u^2}+\frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2}\right]$

પરિણામ

આપેલ અંતર્ગોળ (અભિસારી) અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ

$(f \pm \Delta f)$ = ... $\pm$ .... cm

અહીં f એ કેન્દ્રલંબાઈનું સરેરાશ મૂલ્ય અને Δf એ ત્રુટિના મૂલ્યોનું મહત્તમ (મૂલ્ય) દર્શાવે છે.

સાવચેતીઓ

(1) પ્રકાશીય ઘટકો (સાધન)ને પકડી રાખતા અપરાઈટ્સ એ દૃઢ અને ઊર્ધ્વ ગોઠવાયેલા હોવા જોઈએ.

(2) વસ્તુ પિનને અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર અને મુખ્ય કેન્દ્રની વચ્ચે રાખવી જોઈએ.

(3) અરીસાનું દર્પણમુખ નાનું હોવું જોઈએ નહિતર રચાતું પ્રતિબિંબ અલગ મળી શકે નહિ.

(4) આંખને પ્રતિબિંબ પિન (સોય)થી અલગ જોવાના અંતરે (નીયર પૉઇન્ટ) (25 cm) દ્રષ્ટિ રાખવી જોઈએ.

(5) વસ્તુના ઊલટા પ્રતિબિંબની ટોચ અને પ્રતિબિંબ પિનની ટોચ એકબીજાને સ્પર્શવી જોઈએ અને સંપાત થવી ન જોઈએ. દૃષ્ટિસ્થાનભેદ દૂર કરતી વખતે આ ચકાસણી કરી લેવી.

(6) સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન પ્રતિબિંબ પિન અને વસ્તુ પિન અદલ-બદલ ન થવી જોઈએ.

(7) f ની ગણતરી માટે u અને υ નાં સુધારેલાં મૂલ્યો જ સૂત્રમાં મૂકવા અને પછી f નું સરેરાશ મૂલ્ય લેવું જોઈએ. u અને υ નાં સરેરાશ મૂલ્યો લઈ f ની ગણતરી ન કરવી.

(8) પિનનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ જોવા માટે સફેદ પડદા અથવા સમતલ (રંગવિહીન) પૃષ્ઠ ભૂમિકાનો ઉપયોગ કરી શકાય.

(9) સૂર્યનું પ્રતિબિંબ સીધું ન જોવું જોઈએ કેમકે તે તમારી આંખોને નુકસાન કરી શકે.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) જો ઓપ્ટિકલ બેન્ચ સમક્ષિતિજ ન હોય અને તે જ રીતે જો પિનની ટોચ અને અરીસાનો ધ્રુવ સમાન સમક્ષિતિજ સમતલમાં ન હોય, તો અવલોકનોમાં ત્રુટિ ઉદ્‌ભવી શકે.

(2) અંતર્ગોળ અરીસાની સમગ્ર સપાટી પર પડ ચઢાવેલ (ફ્રન્ટ કૉટેડ) હોવું જોઈએ નહિતર અરીસાની પરાવર્તક સપાટી પરથી ઘણા બધા (બહુવિધ) પરાવર્તનો મળશે.

ચર્ચા

બિંદું Bનું પ્રતિબિંબ B' (આકૃતિ E 9.6)એવા બિંદુએ રચાશે કે જયાં બે કિરણો છેદતા હોય અથવા છેદતા હોય તેવો ભાસ થાય. વસ્તુના તળિયા A(મુખ્ય અક્ષ પર રહેલા)નું પ્રતિબિંબ, મુખ્ય અક્ષ પર એવી રીતે રચાવું જોઇએ કે જેથી અંતિમ પ્રતિબિંબ એ વસ્તુ જે રીતે અક્ષને લંબ છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) દાંતના ડૉક્ટર (ડેન્ટિસ્ટ) દાંત જોવા માટે અંતર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ કરે છે. તે કઈ રીતે ડેન્ટિસ્ટને મદદરૂપ થાય છે ?

(2) જો પર $u < f$ હોય, તો તમે અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ નક્કી કરી શકો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) uvને Y-અક્ષ પર અને $u + v$ ને X-અક્ષ પર લઈ uv વિરુદ્ધ $u + v$ નો આલેખ દોરો. આલેખના ઢાળ પરથી f નક્કી કરો.

(2) સ્ફેરોમિટરની મદદથી, અંતર્ગોળ અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરો અને તેની કેન્દ્રલંબાઈ $\left(f = \dfrac{R}{2}\right)$ ગણો.

પ્રયોગ 10

હેતુ

બહિર્ગોળ લેન્સ માટે u અને v અથવા $\frac{1}{u}$ અને $\frac{1}{v}$ વચ્ચેના આલેખ દોરી કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ઓપ્ટિકલ બેન્ચ, તીક્ષ્ણ ધારવાળી બે સોય (પિન), 20 cm કરતાં ઓછી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતો બહિર્ગોળ લેન્સ, ત્રણ અપરાઇટ્સ (ક્લેમ્પ સહિત), ઇન્ડેક્સ નીડલ (સોય), (ગૂંથણ માટેની સોય પણ હોઈ શકે), માપપટ્ટી અને સ્પિરિટ લેવલ

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) લેન્સની મુખ્ય અક્ષ એ બે સપાટીઓનાં વક્રતાકેન્દ્રોને જોડતી રેખા છે.

(2) ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર એ લેન્સનું એવું બિંદુ છે કે જેમાંથી પસાર થતું કિરણ અવિચલિત રહે છે.

(3) મુખ્ય કેન્દ્ર એક એવું બિંદુ છે કે મુખ્ય અક્ષને સમાંતર કિરણો લેન્સમાંથી પસાર થયા બાદ જ્યાં ભેગાં થતાં હોય (બહિર્ગોળ) અથવા ભેગા થતા હોય તેવો ભાસ થાય (અંતર્ગોળ).

(4) કેન્દ્રલંબાઈ એ લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર અને મુખ્ય કેન્દ્ર વચ્ચેનું અંતર છે.

(5) આલેખના અંતઃખંડો : જો કોઈ આલેખ X-અક્ષ અને Y-અક્ષને છેદે, તો ઊગમબિંદુ અને છેદનબિંદુનાં સ્થાનો વચ્ચેની લંબાઈઓ એ આલેખના અંતઃખંડો છે.

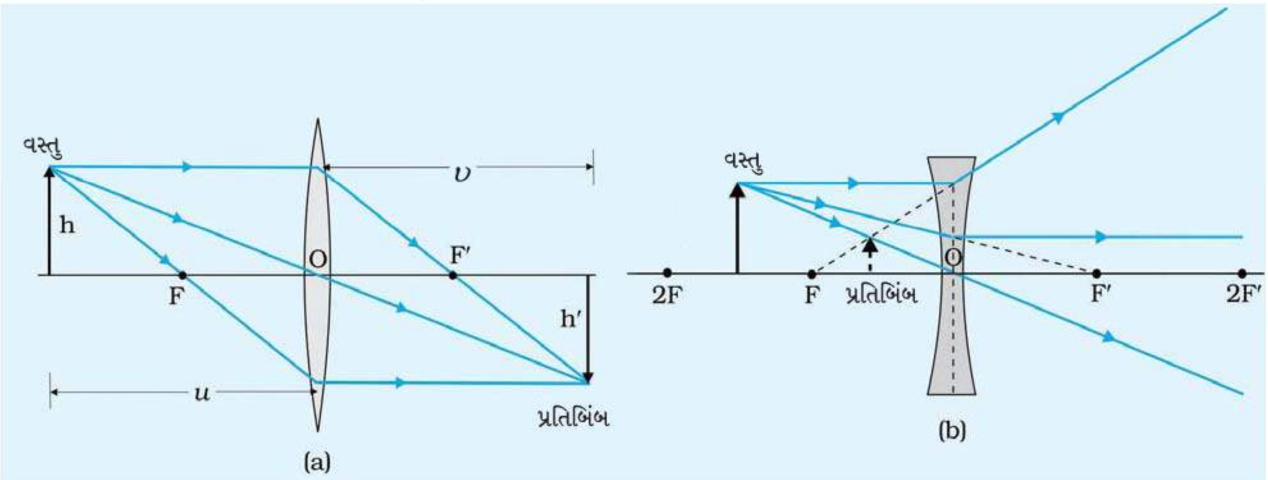
પાતળા લેન્સ દ્વારા રચાતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન શોધવાની આલેખીય પદ્ધતિ

પાતળા લેન્સની મદદથી રચાતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે વસ્તુના દરેક બિંદુએથી ઉદ્ભવતાં બધાં જ કિરણોના વક્રીભવનને અનુસરીને આલેખીય પદ્ધતિ વાપરી શકાય. તેમ છતાં, નીચેનાં ત્રણ કિરણોમાંથી ગમે તે બે પસંદ કરવા વધારે સગવડભર્યા છે (આકૃતિ E 10.1).

(1) વસ્તુની ટોચમાંથી, લેન્સની મુખ્ય અક્ષને સમાંતર કિરણ કે જે વક્રીભવન પામ્યા બાદ દ્વિતીય મુખ્ય કેન્દ્ર F' માંથી પસાર થાય (બહિર્ગોળ લેન્સમાં) અથવા પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી અપસરણ પામતાં (divergence) દેખાય (અંતર્ગોળ લેન્સમાં).

(2) વસ્તુની ટોચમાંથી નીકળતું કિરણ ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર પર આપાત થાય ત્યારે અવિચલિત રીતે લેન્સ માંથી પસાર થાય. આમ થવાનું કારણ કેન્દ્રની નજીક લેન્સ એ કાચના પાતળા સ્લેબ તરીકે વર્તે છે.

(3) વસ્તુના તે જ બિંદુમાંથી આવતું પ્રકાશનું કિરણ પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર Fમાંથી (બહિર્ગોળ લેન્સ માટે) પસાર થાય અથવા F′ માંથી (અંતર્ગોળ લેન્સ માટે) પસાર થતું દેખાય, તે વક્રીભવન પામ્યા બાદ મુખ્ય અક્ષને સમાંતર નિર્ગમન પામે છે.



આકૃતિ E 10.1 (a) બહિર્ગોળ લેન્સ અને અંતર્ગોળ લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના માટેનો કિરણ-પથ

સિદ્ધાંત

પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી u અંતરે મૂકેલ વસ્તુ માટે, ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી બીજી બાજુએ υ અંતરે વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ રચાય છે. આ અંતરો વચ્ચેનો સંબંધ

(E 10.1) $$\frac{1}{f}=\frac{1}{\upsilon}-\frac{1}{u}$$ છે.

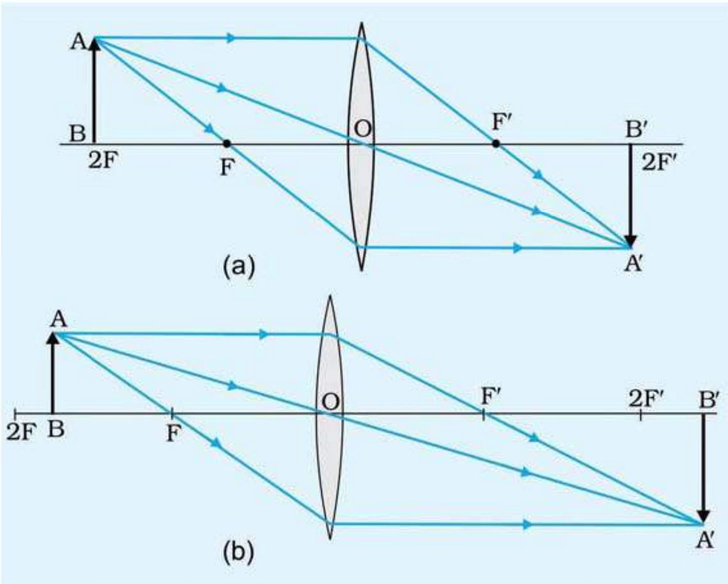
નવી કાર્તેઝિય સંજ્ઞા પધ્ધતિ અનુસાર (જુઓ ભૌતિકવિજ્ઞાન, પાઠ્યપુસ્તક, NCERT, 2007 ધોરણ XII, ભાગ II પાન નં. 311) u ઋણ છે. પરંતુ υ ધન છે. (આકૃતિ E 10.2 *(a)* અને (b)). તેથી સમીકરણ (E 10.1) u અને υ ના મૂલ્યના સ્વરૂપમાં નીચેનું સ્વરૂપ લે છે.

(E 10.2) $$\frac{1}{f}=\frac{1}{\upsilon}+\frac{1}{u}$$

અથવા $f = \dfrac{uv}{u+v}$ (E 10.3)

આ પરિણામમાં u અને v નાં ધન મૂલ્યો અવેજ કરવા. સમીકરણ (E 10.2) દર્શાવે છે કે $\dfrac{1}{v}$ વિરુદ્ધ $\dfrac{1}{u}$ નો આલેખ ઋણ ઢાળવાળી સુરેખ રેખા મળે. જો $\dfrac{1}{v}$ શૂન્ય હોય અથવા $\dfrac{1}{u}$ શૂન્ય હોય ત્યારે અનુક્રમે $\dfrac{1}{u}=\dfrac{1}{f}$ અથવા $\dfrac{1}{v}=\dfrac{1}{f}$. આલેખના બંને અક્ષો પરના અંતઃખંડો $\dfrac{1}{f}$ છે. u વિરુદ્ધ v નો આલેખ અતિવલય છે. જ્યારે $u = v$ ત્યારે બંને $2f$ જેટલા થાય. સમીકરણ (E 10.3) દર્શાવે છે કે u અને v નાં મૂલ્યો અદલબદલ કરી શકાય છે.

જ્યારે એક વસ્તુ (ધારો કે એક પિન) પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની સામે $2f$ જેટલા અંતરે મૂકવામાં આવે, ત્યારે લેન્સની બીજી બાજુએ $2f$ જેટલા અંતરે સમાન માપનું વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ રચાય છે. [આકૃતિ E 10.2 (a)] જો વસ્તુનું સ્થાન લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી અંતર $2f$ અને અંતર f ની વચ્ચે હોય ત્યારે લેન્સની બીજી બાજુએ ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી $2f$ કરતાં વધારે અંતરે વાસ્તવિક, ઊલટું અને વિવર્ધિત થયેલ પ્રતિબિંબ રચાશે. (આકૃતિ E 10.2 (b)) આમ, અંતર u અને v માપીને, બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ સમીકરણ (E 10.3)ના ઉપયોગ વડે નક્કી કરી શકાય છે. લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ, u અને v વચ્ચે અથવા $\dfrac{1}{u}$ અને $\dfrac{1}{v}$ વચ્ચે આલેખ દોરી નક્કી કરી શકાય છે.



આકૃતિ E 10.2 (a), (b) બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના ***(a) $u = 2f$*** અને ***(b) $2f > u > f$***

પદ્ધતિ

(1) દૂરની વસ્તુને (લેન્સની મદદથી) કેન્દ્રિત કરી પ્રતિબિંબ મેળવી પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈનું અંદાજિત મૂલ્ય મેળવો. સૂર્યનું તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ અથવા દૂરના ઝાડનું લેન્સની બીજી બાજુએ મૂકેલા પડદા પર ધારો કે સમતલ દીવાલ અથવા કાગળ પર મેળવો અને માપપટ્ટીની મદદથી લેન્સ અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર માપીને તે (અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ) શોધી શકાય છે. આ અંતર બહિર્ગોળ લેન્સની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ, f છે.

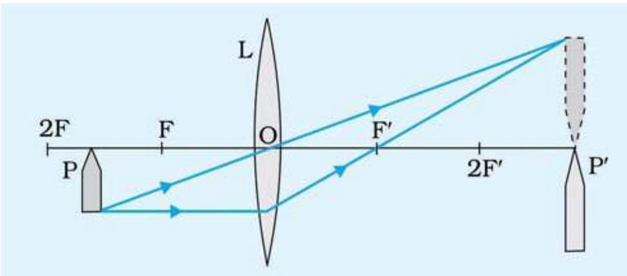
નોંધ : સૂર્યનું પ્રતિબિંબ સીધું ન જોવું જોઈએ કેમકે તે તમારી આંખોને નુકસાન કરી શકે છે.

(2) દૃઢ ટેબલ અથવા પ્લેટફોર્મ પર ઑપ્ટિકલ બેંચને ગોઠવો. સ્પિરિટ લેવલનો ઉપયોગ કરીને બેન્ચના પાયામાં આપેલ લેવલિંગ સ્ક્રૂની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ ગોઠવો.

(3) અપરાઇટ્સમાં બહિર્ગોળ લેન્સને જડિત કરો અને તેને ઓપ્ટિકલ બેન્ચના લગભગ મધ્યમાં એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની મુખ્ય અક્ષ ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર રહે. આ સ્થિતિમાં, લેન્સ એ ઓપ્ટિકલ બેન્ચના લંબ સમતલમાં રહેશે.

(4) ઈન્ડેક્સ-સુધારો નક્કી કરવા માટે, સ્ટૅન્ડ પર ગોઠવેલ (mounted) પિન લેન્સની નજીક લાવો. ઈન્ડેક્સ સોય (તીક્ષ્ણ ધારવાળી ગૂંથણ માટેની સોય પણ આ હેતુ માટે વપરાય) સમક્ષિતિજ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેનો એક છેડો લેન્સની વક્રસપાટીની એક ધારને સ્પર્શે અને બીજો છેડો પિનની ટોચને સ્પર્શે. બે અપરાઇટ્સના સ્થાન ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર આપેલી માપપટ્ટી પર નોંધો. આ બે બિંદુ વચ્ચેનો તફાવત એ ઈન્ડેક્સ સોયની અવલોકિત લંબાઈ આપશે. પિનની ટોચ અને ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O વચ્ચેની લંબાઈ એ ઈન્ડેક્સ સોયની સાચી લંબાઈ (જેનું માપન માપપટ્ટી દ્વારા કર્યું) વત્તા લેન્સની જાડાઈનું અડધું, કેમ કે દ્વિબહિર્ગોળ લેન્સમાં સમાન વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવતી સપાટીઓ માટે તે (ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર) સપાટીઓનું (જોડતી રેખાનું) ભૌમિતિક કેન્દ્ર છે. આ બે લંબાઈઓ વચ્ચેનો તફાવત એ ઈન્ડેક્સ-સુધારો છે. બંને પિનો માટે ઈન્ડેક્સનો સુધારો શોધો.

(5) માઉન્ટેડ (સ્ટૅન્ડ પર ગોઠવેલ) તીક્ષ્ણ પિનો P અને P'ને ઊર્ધ્વ રીતે અનુક્રમે (આકૃતિ E 10.3) લેન્સની ડાબી અને જમણી બાજુ ગોઠવો. પિનો P અને P'ને એવીરીતે ગોઠવો કે જેથી ટોચની ઊંચાઈ ઓપ્ટિકલ બેન્ચના પાયાથી લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની ઊંચાઈ જેટલી થાય. ધારો કે પિન P (લેન્સની ડાબી બાજુએ મૂકેલ)ને વસ્તુ પિન તરીકે લો અને પિન P' (લેન્સની જમણી બાજુએ રહેલ) ને પ્રતિબિંબ પિન તરીકે ગણીએ. કાગળનો નાનો ટુકડો બે પૈકી કોઈ એક પિન ધારો કે (પ્રતિબિંબ પિન P') મૂકો જે વસ્તુ પિન P થી તેને જુદી પાડે.



આકૃતિ E 10.3 : બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવા માટેનો કિરણ રેખાકૃતિ

(6) વસ્તુ પિન P (લેન્સની ડાબી બાજુએ)ને લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O થી $2f$ કરતાં સહેજ ઓછા અંતરે ગોઠવો. (આકૃતિ E 10.3) લેન્સની બીજી બાજુ પ્રતિબિંબ પિન P' ની ઉપર ઊલટા અને વાસ્તવિક પ્રતિબિંબનું સ્થાન મેળવો.

(7) દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીતના ઉપયોગથી, પ્રતિબિંબ પિન P'નું સ્થાન એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી વસ્તુ પિન Pનું પ્રતિબિંબ એ પ્રતિબિંબ પિન P' સાથે એકાકાર બને.

નોંધ : જેમ uનું મૂલ્ય $2f$ થી f તરફ બદલાય, vનું મૂલ્ય $2f$ થી અનંત તરફ બદલાશે. u અને v ના મૂલ્ય અદલબદલ કરી શકાય તેવા છે, એટલે કે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ બે સંલગ્નિત બિંદુ છે, તેથી તે સ્પષ્ટ છે કે વસ્તુ પિનને $2f$ થી fની અવધિમાં ખસેડતાં u અને v બંનેનાં મૂલ્યોના અવધિ મૂલ્યોનો સંપૂર્ણ વિસ્તાર f અને અનંતની વચ્ચે હોય છે.

(8) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર વસ્તુ પિન, બહિર્ગોળ લેન્સ અને પ્રતિબિંબ પિનના અપરાઇટ્સનાં સ્થાન નોંધો અને અવલોકન-કોષ્ટકમાં અવલોકનો નોંધો.

(9) વસ્તુ પિનને લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની નજીક ખસેડો (2 cm અથવા 3 cm જેટલું). પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને લેન્સથી f અને $2f$ અંતરની વચ્ચે વસ્તુ પિન અંતરનાં ઓછામાં ઓછા છ અવલોકનોના સમૂહ માટે અવલોકનો નોંધો.

અવલોકન

(1) બહિર્ગોળ લેન્સની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ = ... cm

(2) ઇન્ડેક્સ સોય (નીડલ)ની મીટરપટ્ટી વડે માપેલ લંબાઈ L_0 = ... cm

(3) પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની જાડાઈ (આપેલ), t = ... cm

(4) લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O અને પિનની ટોચ વચ્ચેની ખરેખર (વાસ્તવિક) લંબાઈ

$l_0 = L_0 + t/2 =$ .... cm

(5) ઇન્ડેક્સ નીડલની અવલોકિત લંબાઈ, l'_0 = બહિર્ગોળ લેન્સના કેન્દ્ર અને વસ્તુ પિનની ટોચ વચ્ચેનું અંતર

= માપપટ્ટી પર (લેન્સના અપરાઇટનું સ્થાન - વસ્તુ પિનના અપરાઇટનું સ્થાન)

= _____ cm – _______ cm = _______ cm

(6) વસ્તુઅંતર માટે ઇન્ડેક્સ-સુધારો $e_0 = l_0 - l'_0 =$ ______ cm તે જ રીતે

પ્રતિબિંબ પિન માટે $e_i = l_i - l'_i =$ .... cm.

કોષ્ટક E 10.1 u, υ અને f નક્કી કરવા

ક્રમ નં.	લેન્સ અપરાઇટ a (cm)	વસ્તુ પિન અપરાઇટ b (cm)	પ્રતિબિંબ પિન અપરાઇટ c (cm)	અવલોકિત $u = a - b$ (cm)	અવલોકિત $\upsilon = a - c$ (cm)	સુધારેલ u = અવલોકિત $u + e_0$ (cm)	સુધારેલ υ = અવલોકિત $\upsilon + e_i$ (cm)	$\frac{1}{u}$ cm^{-1}	$\frac{1}{\upsilon}$ cm^{-1}	$f = \frac{u\upsilon}{u+\upsilon}$ cm	Δf (cm)
1											
2											
--											
6											
									સરેરાશ		

ગણતરીઓ

A. u અને υ ના સુધારેલ મૂલ્યો ગણો. સમીકરણ (E 10.3)નો ઉપયોગ કરી fનું મૂલ્ય ગણો. કોષ્ટકમાં તેને નોંધો અને આપેલ બહિર્ગોળ લેન્સની સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઈનું મૂલ્ય શોધો.

ત્રુટિ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{\upsilon}$$

અથવા $$\frac{\Delta f}{f^2} = \frac{\Delta u}{u^2} + \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2}$$

$$\therefore \Delta f = f^2 \left[\frac{\Delta u}{u^2} + \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2}\right]$$

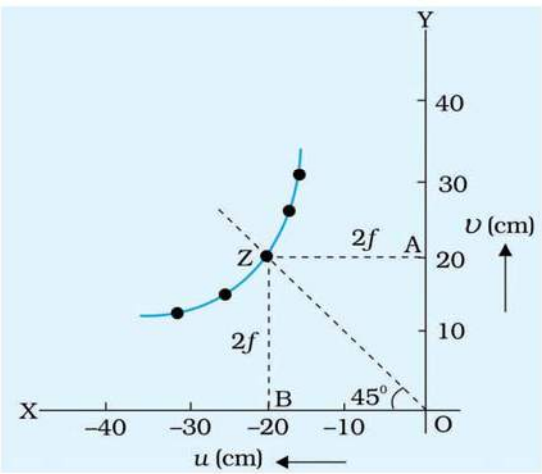
Δf નાં છ મૂલ્યોમાંથી મહત્તમ મૂલ્યને પરિણામ સાથે પ્રાયોગિક ત્રુટિ તરીકે રજૂ કરો.

આલેખ દોરીને કેન્દ્રલંબાઈની ગણતરી

(આલેખો દોરવાની વિસ્તૃત પદ્ધતિ પ્રકરણ 1, મુદ્દા 1.8 (પાન નં. 15) પર ઉદાહરણ રૂપે આપેલ છે.)

B. $u - \upsilon$ ના આલેખ : u ને X-અક્ષ પર અને υ ને Y-અક્ષ પર લો.

X અને Y-અક્ષ પરના પ્રમાણમાપ સમાન હોવા જોઈએ. u અને υ ના જુદાં-જુદાં મૂલ્યો માટે અતિવલય વક્ર દોરો. (આકૃતિ E 10.4) નોંધો કે f અને $2f$ની વચ્ચેના u નાં છ અવલોકનોના સમૂહ માટે, u અને υ નાં મૂલ્યો અદલ-બદલ કરીને તમને આલેખ પર 12 બિંદુઓ મળશે. બિંદુ $u = 2f$, $\upsilon = 2f$ ને $u - \upsilon$ આલેખમાં બિંદુ Z તરીકે દર્શાવેલ છે. (આકૃતિ E 10.4). બિંદુ Z એ ∠XOYની દ્વિભાજક રેખા OZ અને અતિવલય આલેખનું છેદનબિંદુ છે. બે રેખાઓ AZ અને BZ અનુક્રમે Y-અક્ષ અને X-અક્ષ પર લંબરેખાઓ દોરો. AZ અને BZ બંનેની લંબાઈઓ અંતર $2f$ જેટલી છે. આમ, $u - \upsilon$ આલેખ દોરીને લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ મેળવી શકાય છે.



આકૃતિ E 10.4 : બહિર્ગોળ લેન્સ માટે u વિરુદ્ધ υ નો આલેખ

Y-અક્ષ પર અંતર OA (= $2f$) = _______ cm

X-અક્ષ પર અંતર (OB) (= $2f$) = ______ cm

બહિર્ગોળ લેન્સની સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઈ

$$f = \frac{OA + OB}{4} = _______ \text{ cm}$$

C. $\frac{1}{u}-\frac{1}{v}$ આલેખ: $\frac{1}{u}$ X અક્ષ પર અને $\frac{1}{v}$ Y-અક્ષ પર લઈ સુરેખ આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 10.5) OA' (Y-અક્ષ પર) અને OB' (X-અક્ષ પર) બંને અંતઃખંડો $\frac{1}{f}$ જેટલા સમાન હશે.

Y-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ

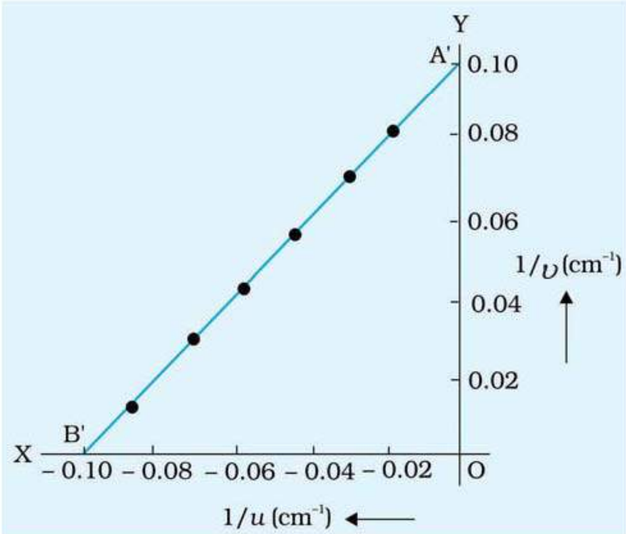
$$OA'\left(=\frac{1}{f}\right) = ______ \text{ cm}^{-1}$$

X-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ

$$OB'\left(=\frac{1}{f}\right) = ______ \text{ cm}^{-1}$$

બહિર્ગોળ લેન્સની સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઈ

$$(f) = \frac{2}{OA'+OB'} = ______ \text{ cm}$$



આકૃતિ E 10.5 : બહિર્ગોળ લેન્સ માટે $\frac{1}{u}$ વિરુદ્ધ $\frac{1}{v}$ નો આલેખ (પ્રમાણમાપ સિવાય)

પરિણામ

આપેલ અભિસારી પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ:

(i) અવલોકન કોષ્ટક E. 10.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ગણતરીથી મેળવેલ $f \pm \Delta f$ = ______ cm.
(અહીં f એ કેન્દ્રલંબાઈનું સરેરાશ મૂલ્ય છે.)

(ii) $u - v$ ના આલેખ પરથી = ______ cm અને

(iii) $\frac{1}{u}-\frac{1}{v}$ ના આલેખ પરથી = ______ cm

સાવચેતીઓ

(1) પ્રકાશીય ઘટકો (વસ્તુ)ને આધાર આપતાં અપરાઈટ્સ દૃઢ અને ઊર્ધ્વ ગોઠવાયેલાં હોવાં જોઈએ.

(2) લેન્સનું દર્પણમુખ નાનું હોવું જોઈએ નહિંતર રચાતું પ્રતિબિંબ અલગ મળી શકે નહિં.

(3) આંખને પ્રતિબિંબ સોય (પિન)થી 25 cm કરતાં વધારે અંતરે ગોઠવવી જોઈએ.

(4) જો ઓપ્ટિકલ બેન્ચ સમક્ષિતિજ ન હોય અને તે જ રીતે જો પિનોની ટોચ અને લેન્સનું ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર સમાન સમક્ષિતિજ ઊંચાઈએ (લેવલે) ન હોય, તો અવલોકનોમાં ત્રુટિ આવી શકે.

(5) પ્રયોગ કરતા હોય તે દરમિયાન, પ્રતિબિંબ અને વસ્તુ પિન અદલ-બદલ ન થવી જોઈએ, કારણ કે વસ્તુ અંતર અને પ્રતિબિંબ અંતરના ઈન્ડેક્સ-સુધારા માટે કારણભૂત બની શકે છે.

(6) વસ્તુ પિનના ઊલટા પ્રતિબિંબની ટોચ પ્રતિબિંબ પિનની ટોચને સ્પર્શવી જોઈએ અને સંપાત ન થવી જોઈએ. જ્યારે દષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર થાય ત્યારે આની ખાતરી કરી લેવી.

(7) ઓપ્ટિકલ બેન્ચના બધા પ્રયોગો દરમિયાન (જે ઓપ્ટિકલ બેન્ચના વિવરણમાં આપેલ છે.) બધી જ સામાન્ય સૂચનાઓની કાળજી રાખવી (જરૂરી છે.)

(8) f ની ગણતરી માટે, અંતરો u અને v નાં સુધારેલ મૂલ્યો જ સૂત્રમાં મૂકવા અને પછી f નું સરેરાશ મૂલ્ય લેવું જોઈએ. u અને v નાં સરેરાશ મૂલ્યો લઈને f ની ગણતરી ન કરવી.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) અપરાઈટ્સ ઊર્ધ્વ ન પણ હોઈ શકે.

(2) દષ્ટિસ્થાન ભેદ ચોકસાઈથી દૂર થયેલ ન હોઈ શકે.

(3) ઈન્ડેક્સ-સુધારો શોધવા માટેની ગૂંથણ માટેની સોય અથવા ઈન્ડેક્સ સળિયો (પિન) એ સોય જેવી તીક્ષ્ણ હોતી નથી. માપપટ્ટી પર તેની ચોકસાઈથી લંબાઈ માપી શકાતી નથી.

ચર્ચા

$\frac{1}{v}$ વિરુદ્ધ $\frac{1}{u}$ નો આલેખ દોરવા, જો બંને અક્ષ પર પ્રમાણમાપ સમાન ન હોય, તો સુરેખ રેખીય આલેખ X-અક્ષ સાથે 45°ના ખૂણે ન પણ હોય. જે પરિણામમાં મૂંઝવણો પેદા કરે અને આલેખ દોરવામાં ત્રુટિ ઉદ્‌ભવે. સમાન પ્રમાણમાપ રાખીને અને X-અક્ષ સાથે 45°ના ખૂણે શ્રેષ્ઠ બંધબેસતો આલેખ દોરવો એ ઉત્તમ પદ્ધતિ છે. પછી બંને અક્ષો પર $\frac{1}{f}$ નું માપનમાં ખૂબ જ મોટું અથવા ખૂબ જ નાનું બને જે અંતર્ગત ત્રુટિઓનું કારણ થશે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) બહિર્ગોળ લેન્સના કિસ્સામાં વસ્તુનું સ્થાન અનંતથી ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર તરફ બદલાતું હોય તેના પ્રતિબિંબની રચના માટે કિરણ રેખાકૃતિ દોરો.

(2) બહિર્ગોળ લેન્સ અને અંતર્ગોળ લેન્સ દ્વારા રચાતા પ્રતિબિંબમાં કયા તફાવત છે ?

(3) જાડા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં કઈ રીતે જુદી પડે છે?

(4) બહિર્ગોળ લેન્સ, કાચના વર્તુળાકાર સ્લેબ અને અંતર્ગોળ લેન્સને અડક્યા સિવાય કઈ રીતે પારખી શકશો ?

(5) સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સની સમતલ સપાટી માટે વક્રતા-કેન્દ્ર ક્યાં આવેલું હોય છે ?

(6) સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સ માટે મુખ્ય અક્ષની વ્યાખ્યા આપો.

(7) જો બહિર્ગોળ લેન્સને પાણીમાં ડુબાડવામાં આવે તો, તેની કેન્દ્રલંબાઈમાં કેવો ફેરફાર થશે ?

(8) સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સ માટે કેન્દ્રલંબાઈ અને વક્રતાકેન્દ્ર વચ્ચે શું સંબંધ છે ?

(9) લેન્સ દ્વારા રચાતું આભાસી પ્રતિબિંબ ઊલટું હોઈ શકે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) uvને Y-અક્ષ પર અને $u + v$ ને X-અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરો. બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ આલેખના ઢાળ પરથી નક્કી કરો.

(2) કેન્દ્રલંબાઈ પર માધ્યમની અસર :

તમારી પાસે માછલીઘર છે, તેનાથી અમુક અંતરે એક ખુલ્લી બારી છે અને 50 cm વ્યાસ ધરાવતો બિલોરી (વિપુલદર્શક) (મેગ્નિફાઇંગ) કાચ છે. 30 cm લંબાઈ ધરાવતી માપપટ્ટીની મદદથી મેગ્નિફાઇંગ (બિલોરી) કાચની હવામાં લગભગ કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. પછી ડાબા હાથે તેને પાણીમાં ડુબાડો અને જમણા હાથે એક સફેદ પ્લાસ્ટિકની કોથળી (5 cm × 5 cmનું કાર્ડ રહે તેમ વાળીને સફેદ પડદો બનાવવા માટે)ને ડુબાડો. પડદાનું સ્થાન બદલીને દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પડદા પર મેળવો. (કેન્દ્રિત કરો). શું પાણીમાં લગભગ કેન્દ્રલંબાઈએ હવામાં મેળવેલ લગભગ કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં મોટી છે કે નાની ? મિત્રને પાણીમાં આ કેન્દ્રલંબાઈ માપવા કહો અને તે બેનો ગુણોત્તર શોધો.

(3) સ્વચ્છ ઈલેક્ટ્રિક બલ્બના ફિલામેન્ટની લંબાઈનું માપન :

તમે ફિલામેન્ટની પાછળ કે તેના સંપર્કમાં માપપટ્ટી મૂકીને તેની લંબાઈ માપી શકતા નથી. અલબત્ત તમે વર્નિયર માઇક્રોસ્કોપની મદદથી આ માપન કરી શકો છો. પરંતુ શું આ માત્ર સાદા બહિર્ગોળ લેન્સ અને માપપટ્ટીની મદદથી કરી શકાય ? તમે પ્રયોગમાં જરૂરિયાત મુજબ ક્લેમ્પ-સ્ટૅન્ડ જેવાં સાધનો પણ ઉમેરી શકો. શું તમે બલ્બના ફિલામેન્ટમાં અડીને આવેલા વિભાગો વચ્ચેની અંધારી (ડાર્ક) ખાલી જગાનું માપન કરી શકશો ?

પ્રયોગ 11

હેતુ

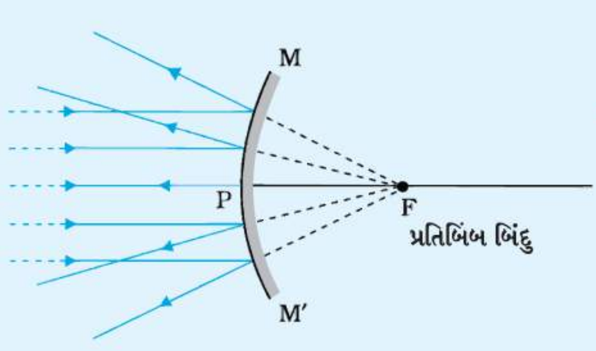
બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

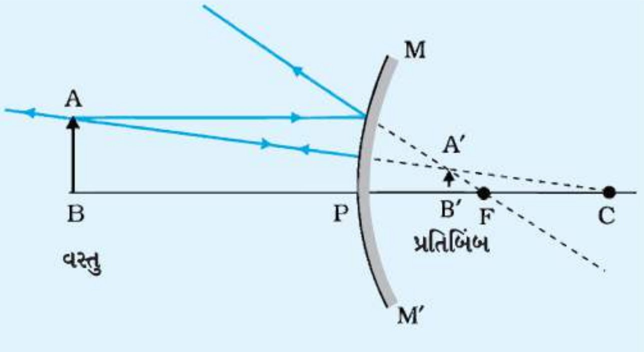
લેન્સને પકડી રાખવા માટેના અપરાઇટ્સ (સ્તંભ) સાથેની ઑપ્ટિકલ બેન્ચ, અરીસો અને બે સોય (પિન), પાતળો બહિર્ગોળ લેન્સ, બહિર્ગોળ અરીસો, ઇન્ડેક્સ સોય (ગૂંથણ માટેની સોય અથવા બંને છેડે અણીદાર પૉઇન્ટેડ પેન્સિલ પણ ચાલે), મીટરપટ્ટી અને સ્પિરિટ લેવલ.

સિદ્ધાંત

આકૃતિ E 11.1 એ બહિર્ગોળ અરીસા MM′ (નાનું દર્પણમુખ ધરાવતો) વડે બે જુદી-જુદી પરિસ્થિતિમાં વસ્તુ ABનાં પ્રતિબિંબની રચના સમજાવે છે. બહિર્ગોળ અરીસા વડે રચાતું પ્રતિબિંબ આભાસી અને ચત્તું હોય છે તેથી તેની કેન્દ્રલંબાઈ સીધેસીધી માપી શકાતી નથી. તેમ છતાં, વસ્તુ અને બહિર્ગોળ અરીસાની વચ્ચે બહિર્ગોળ લેન્સને દાખલ કરીને તે નક્કી કરી શકાય છે. (આકૃતિ E 11.2). પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની સામે વસ્તુ ABને P′ બિંદુએ એવી રીતે મૂકો કે જેથી તેનું વાસ્તવિક ઊલટું અને વિવર્ધિત પ્રતિબિંબ A′B′ લેન્સની બીજી બાજુએ C′ સ્થાન પર રચાય. (આકૃતિ



આકૃતિ E 11.1 (a) *વસ્તુ અનંત અંતરે છે. ખૂબ જ નાનું અને બિંદુવત્ પ્રતિબિંબ બહિર્ગોળ અરીસાની પાછળ કેન્દ્રિત થતું મળે છે.*

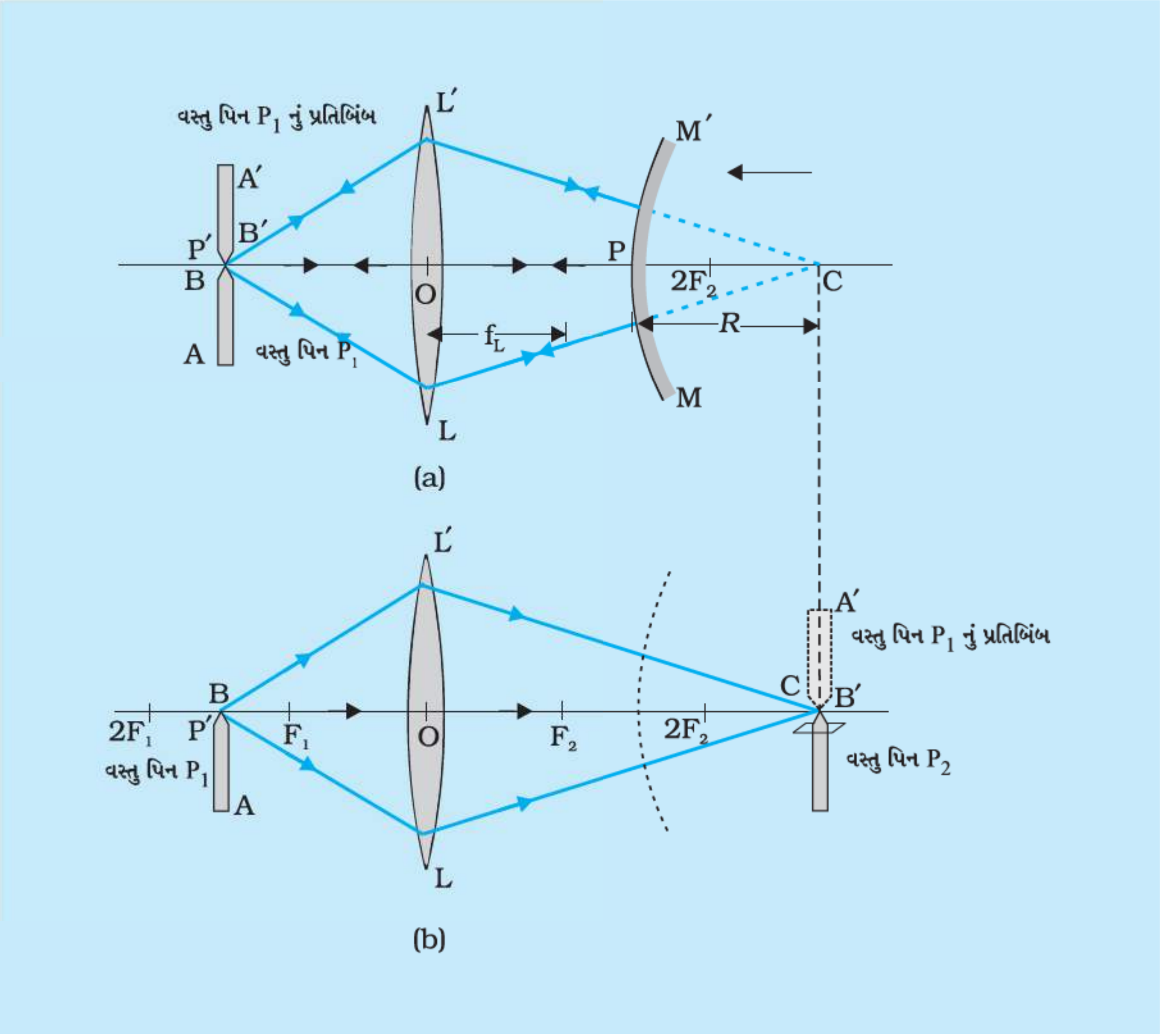


આકૃતિ E 11.1 (b) *અરીસાની સામે વસ્તુ છે. અરીસાની પાછળ નાનું, આભાસી પ્રતિબિંબ, મુખ્ય કેન્દ્ર અને ધ્રુવની વચ્ચે રચાય છે.*

E 11.2 (b)). હવે બહિર્ગોળ લેન્સ અને બિંદુ C′ની વચ્ચે બહિર્ગોળ અરીસો દાખલ કરો અને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ A′B′ એ P′ બિંદુએ રહેલી વસ્તુ AB સાથે એકરૂપ થાય [આકૃતિ E 11.2 (a)]. આ ત્યારે જ શક્ય બને જ્યારે વસ્તુની ટોચમાંથી શરૂ કરી

પ્રકાશનું કિરણ લેન્સમાંથી પસાર થયા બાદ, બહિર્ગોળ અરીસાની પરાવર્તક સપાટી પર લંબરૂપે આપાત થાય અને તેમના માર્ગને પુનઃપ્રાપ્ત કરે. ગોલીય સપાટીને કોઈ લંબકિરણ તે ગોળાની ત્રિજ્યા પર ગોઠવાય છે. આથી (C બિંદુએ) બહિર્ગોળ અરીસાનું વક્રતાકેન્દ્ર જ હોવું જોઈએ. તેથી, અંતર PC એ વક્રતાત્રિજ્યા R અને તેનું અર્ધમૂલ્ય એ બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ f થશે. આમ,

$$f = \frac{PC}{2} = \frac{R}{2}$$



***આકૃતિ E 11.2** (a) બહિર્ગોળ અરીસા અને બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના P' બિંદુએ પ્રતિબિંબ A'B' વસ્તુ AB સાથે એકરૂપ થાય છે. (b) બહિર્ગોળ લેન્સ - પ્રતિબિંબ ઊલટું અને વિવર્ધિત છે*

પદ્ધતિ

(1) જો કોઈ કિસ્સામાં આપેલ પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ જાણીતી ન હોય, તો પહેલાં તેની કેન્દ્રલંબાઈના લગભગ મૂલ્યનો અંદાજ મેળવો.

(2) ઓપ્ટિકલ બેન્ચને દૃઢ ટેબલ પર અથવા પ્લેટફૉર્મ પર ગોઠવો. સ્પિરિટ લેવલ અને બેન્ચના પાયામાં આપેલા સ્ક્રૂની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ ગોઠવો.

(3) સમક્ષિતિજ ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર ગોઠવેલી અપરાઇટ્સમાં પિન P_1 (વસ્તુ પિન), બહિર્ગોળ લેન્સ LL′ અને બહિર્ગોળ અરીસા MM'ને ગોઠવો [આકૃતિ E 11.2 (a)].

(4) લેન્સ, અરીસો અને પિન P_1 ઓપ્ટિકલ બેન્ચ ઉપર ઊર્ધ્વ રીતે જ ગોઠવાયેલ છે તે ચકાસો. પિનની ટોચ, બહિર્ગોળ લેન્સ LL′નું ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O અને બહિર્ગોળ અરીસા MM′નું ધ્રુવ P′ સમાન સમક્ષિતિજ સમતલમાં સુરેખ રેખા પર, ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર છે તે પણ ચકાસો.

(5) ઇન્ડેક્સ સોય (પિન)નો ઉપયોગ કરીને અનુક્રમે બહિર્ગોળ અરીસો રાખેલા અપરાઇટ અને પ્રતિબિંબ પિન વચ્ચેનો ઇન્ડેક્સનો સુધારો નક્કી કરો.

(6) વસ્તુ પિન P_1ને બહિર્ગોળ લેન્સ LL′ થી, લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં સહેજ વધારે અંતરે ગોઠવો.

(7) બહિર્ગોળ અરીસા MM′નું સ્થાન એવી રીતે ગોઠવો કે અરીસા દ્વારા પાછું પરાવર્તન પામેલ પ્રકાશનું કિરણ લેન્સમાંથી પસાર થાય અને વસ્તુ પિન P_1 સાથે એકરૂપ થતું હોય તેવું આકૃતિ E 11.2 (a)માં દર્શાવ્યા મુજબનું વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ રચાય. આ ત્યારે જ બની શકે જ્યારે પિન P_1ની ટોચમાંથી શરૂ થયેલ કિરણ, લેન્સમાંથી પસાર થયા બાદ અરીસા પર લંબરૂપે અથડાય અને તેના મૂળ પથ પર પાછું પરાવર્તન પામે. પ્રતિબિંબ અને વસ્તુ પિનો વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરો.

(8) વસ્તુ પિન, બહિર્ગોળ લેન્સ LL′ અને બહિર્ગોળ લેન્સ MM′ જકડી રાખેલ હોય તેવા અપરાઇટ્સના સ્થાન નોંધો અને અવલોકન-કોષ્ટકમાં તેનાં અવલોકનો નોંધો.

(9) બહિર્ગોળ અરીસાને તેના અપરાઇટસ પરથી દૂર કરો અને તેમાં પ્રતિબિંબ પિન P_2 ગોઠવો. આ પિનની ઊંચાઈ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની ટોચ પણ લેન્સની મુખ્ય અક્ષ પર રહે. એટલે કે પિન P_1 અને P_2ની ટોચ અને બહિર્ગોળ લેન્સનું ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર, બધા ઓપ્ટિકલ લેન્સની લંબાઈને સમાંતર સુરેખ સમક્ષિતિજ રેખા પર રહે.

(10) પ્રતિબિંબ પિન P_2ને વસ્તુ પિન P_1 થી અલગ કરવા માટે તેની ઉપર તમે કાગળનો નાનો ટુકડો મૂકી શકો.

(11) લેન્સ LL′ અને વસ્તુ પિન P_1ના સ્થાન બદલ્યા સિવાય અને દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીતનો ઉપયોગ કરી લેન્સની બીજી બાજુએ પ્રતિબિંબ પિન P_2 ના સ્થાનને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તે વસ્તુપિન P_1ના બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા રચાતા વાસ્તવિક અને ઊલટા પ્રતિબિંબ સાથે એકરૂપ થાય. [આકૃતિ E 11.2 (b)] પ્રતિબિંબ પિનનું સ્થાન નોંધો.

(12) પિન P_1 અને લેન્સ LL′ અને અરીસા MM′ વચ્ચેનાં અંતરો બદલીને પ્રયોગ પુનરાવર્તિત કરો. આ સંજોગોમાં અવલોકનોના પાંચ સમૂહ લો.

અવલોકનો

(1) બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f (અંદાજિત / આપેલ) = ... cm

(2) ઈન્ડેક્સ પિન (સોય)ની વાસ્તવિક લંબાઈ, l = ... cm

(3) ઈન્ડેક્સ પિન (સોય)ની અવલોકિત લંબાઈ l' = માપપટ્ટી પર અરીસાના અપરાઈટનું સ્થાન - માપપટ્ટી પર પિનના અપરાઈટ (સ્તંભ)નું સ્થાન = ... cm

(4) ઈન્ડેક્સ-સુધારો, e = વાસ્તવિક લંબાઈ - અવલોકિત લંબાઈ $(l - l')$ = ... cm

કોષ્ટક E 11.1 : બહિર્ગોળ અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા R નક્કી કરવી

ક્રમ	અપરાઈટનું સ્થાન				અવલોકિત $R' = c-d$ (cm)	સુધારેલ R = અવલોકિત $R' + e$ (cm)	કેન્દ્રલંબાઈ f (cm)	Δf (cm)
	વસ્તુ પિન P_1 a (cm)	બહિર્ગોળ લેન્સ LL′ b (cm)	બહિર્ગોળ અરીસો MM′ c (cm)	પ્રતિબિંબ પિન P_2 d (cm)				
1								
2								
--								
5								
					સરેરાશ			

ગણતરીઓ

બહિર્ગોળ અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા Rનું સરેરાશ મૂલ્ય ગણો અને નીચે આપેલ સંબંધનો ઉપયોગ કરી તેની કેન્દ્રલંબાઈ નક્કી કરોઃ

$$f = \frac{R}{2} = ...\text{cm}$$

ત્રુટિ

$$f = \frac{R'+l}{2} = \frac{(c-d)+(l-l')}{2}$$

$$\therefore \frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta l'}{l'}$$

જ્યાં Δc, Δd, Δl અને $\Delta l'$ એ માપનમાં સાધનોના લઘુત્તમ માપ છે. Δf પાંચ મૂલ્યોમાંથી મહત્તમ મૂલ્યને પરિણામ સાથે પ્રાયોગિક ત્રુટિ દર્શાવો.

પરિણામ

આપેલ બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ $(f \pm \Delta f)$ = _____ ± ____ cm. અહીં f એ કેન્દ્રલંબાઈનું સરેરાશ મૂલ્ય છે.

સાવચેતીઓ

(1) પિનો, લેન્સ અને અરીસાને ગોઠવતા અપરાઇટ્સ દઢ અને ઊર્ધ્વ રીતે ગોઠવાયેલ હોવા જોઈએ.

(2) આપેલા બહિર્ગોળ લેન્સ અને બહિર્ગોળ અરીસાના દર્પણમુખ નાનાં હોવાં જોઈએ નહિતર રચાતું પ્રતિબિંબ વિકૃત થઈ જશે.

(3) આંખ પ્રતિબિંબ પિનથી લગભગ 25 cm અથવા તેનાથી વધારે અંતરે રાખવી જોઈએ.

(4) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ સમક્ષિતિજ રહેવી જોઈએ. પિનોની ટોચ, બહિર્ગોળ લેન્સનું કેન્દ્ર અને અરીસાનું ધ્રુવ એક જ સમક્ષિતિજ સમતલમાં હોવા જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) વસ્તુ પિનના ઊલટા પ્રતિબિંબની ટોચ પ્રતિબિંબ પિનની ટોચને માત્ર સ્પર્શવી જોઈએ પણ સંપાત થવી ન જોઈએ. આ બાબતની દષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરતાં સમયે ચકાસણી કરવી.

(2) દષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરવાની પ્રક્રિયાને આંખની વ્યક્તિગત ખામીઓ કંટાળાજનક બનાવે છે.

(3) બહિર્ગોળ અરીસાની સપાટી ફ્રન્ટકૉટેડ હોવી જોઈએ નહિતર બહુવિધ પરાવર્તનો થઈ શકે.

ચર્ચા

કોઈ પણ બહિર્ગોળ લેન્સ સાથે પ્રયોગ કરવો કદાચ શક્ય ન બને. આ પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લીધેલ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ બહુ નાની ન હોવી જોઈએ કે બહુ મોટી પણ ન હોવી જોઈએ. શા માટે ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જો બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ જુદી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી, નક્કી કરવી હોય, તો તમે પરિણામમાં કોઈ બદલાવની આશા રાખો છો ? જો હા, તો કયા પ્રકારના ફેરફારની આશા રાખો છો ? જો ના, તો કેમ ?

(2) જો જુદા-જુદા વક્રિભવનાંક ધરાવતા બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરવામાં આવે, તો પરિણામ કેવી રીતે બદલાય ?

(3) જો પ્રયોગ માટે પસંદ કરેલ બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ, બર્હિગોળ અરીસાથી ઓછી હોય, તો આ પસંદગી પ્રયોગ પર કઈ રીતે મર્યાદા લાદે છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) જુદી-જુદી કેન્દ્રલંબાઈવાળા બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી, પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. પરિણામો સરખાવી, તેનું વિશ્લેષણ કરો.

(2) એક જ બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી, જુદી-જુદી કેન્દ્રલંબાઈવાળા બહિર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ કરી પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. પરિણામોની ચર્ચા કરો.

પ્રયોગ 12

હેતુ

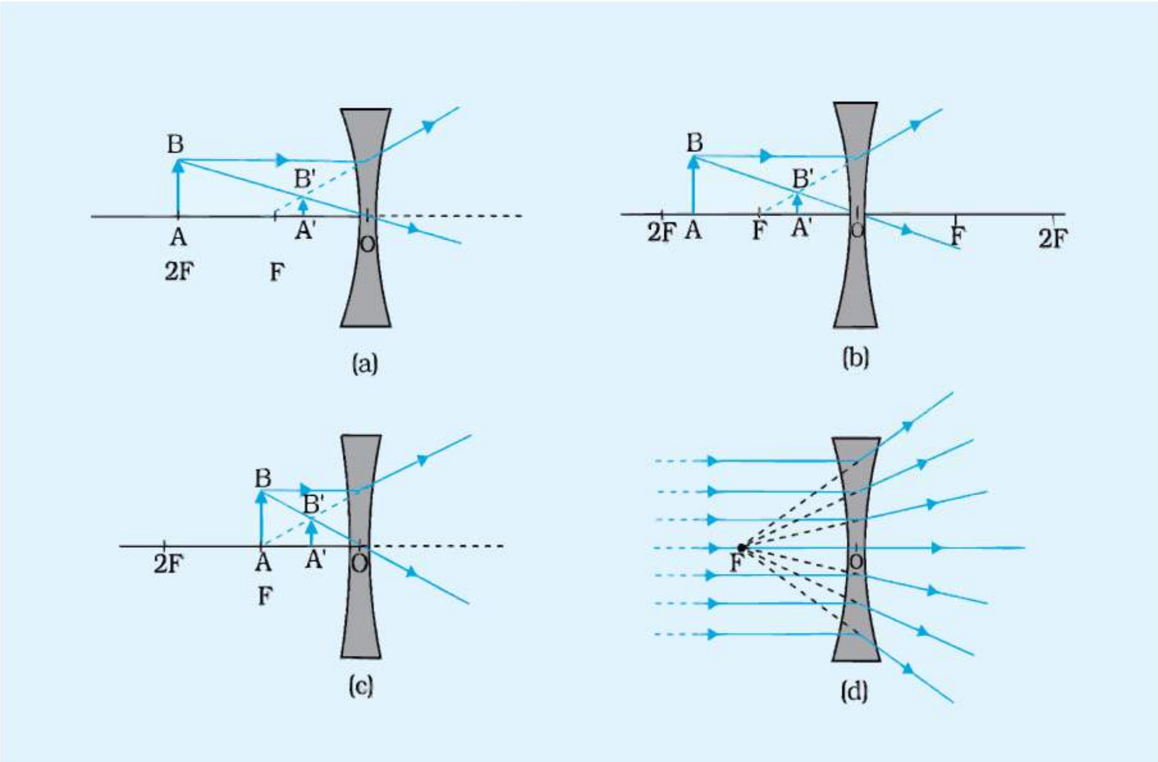
બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

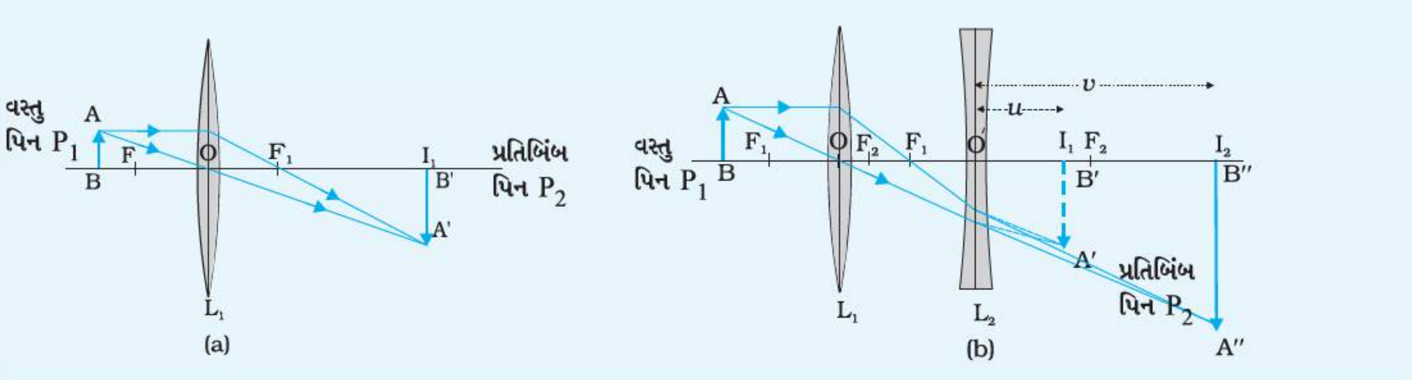
લેન્સ અને બે પિન (સોય) ને પકડી રાખવા માટેના ઊર્ધ્વ સ્ટૅન્ડ ધરાવતી ઓપ્ટિકલ બેન્ચ, પાતળો અંતર્ગોળ લેન્સ, અંતર્ગોળ લેન્સ કરતાં ઓછી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતો એક બહિર્ગોળ લેન્સ (કેન્દ્રલંબાઈ ~15 cm), ઈન્ડેક્સ સોય (ગૂંથણ માટેની સોય પણ ચાલે), માપપટ્ટી અને સ્પિરિટ લેવલ.

સિદ્ધાંત

આકૃતિ E 12.1(a), (b), (c) અને (d) એ અંતર્ગોળ લેન્સ વડે વસ્તુ ABના મળતા પ્રતિબિંબ A′ B′ની રચના દર્શાવે છે.



***આકૃતિ E 12.1** (a),(b),(c),(d) વસ્તુના જુદા - જુદા સ્થાન માટે અંતર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ*



આકૃતિ E 12.2 (a) બહિર્ગોળ લેન્સથી મળતું પ્રતિબિંબ (b) અંતર્ગોળ લેન્સ અને બહિર્ગોળ લેન્સના સંયોજનથી મળતું પ્રતિબિંબ

એ સ્પષ્ટ છે કે આ કિસ્સાઓમાં અંતર્ગોળ લેન્સથી મળતું પ્રતિબિંબ હંમેશાં આભાસી અને ચત્તું હોય છે, તેની કેન્દ્રલંબાઈ પ્રત્યક્ષ રીતે શોધી શકાતી નથી. જો કે (આકૃતિ E 12.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે) વસ્તુ અને અંતર્ગોળ લેન્સની વચ્ચે, બહિર્ગોળ લેન્સને મૂકીને વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ મેળવી, પરોક્ષ રીતે તે શોધી શકાય છે.

બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 વસ્તુ ABમાંથી આવતા પ્રકાશનાં કિરણોને અભિકેન્દ્રીત કરી, તેનું વાસ્તવિક અને ઊંધુ પ્રતિબિંબ A′B′, I_1 સ્થાને મળે [આકૃતિ E 12.2 (a)] જ્યારે અપસારી અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ને, લેન્સ L_1 અને I_1ની વચ્ચે આકૃતિ E 12.2(b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મૂકવામાં આવે ત્યારે અંતર્ગોળ લેન્સ L_2 માટે પ્રતિબિંબ A′B′ એક આભાસી વસ્તુ તરીકે વર્તશે. બિંદુ I_2 પર અપસારી લેન્સ L_2 વડે, વાસ્તવિક અને ઊંધુ પ્રતિબિંબ A″B″ રચાય. તેથી અંતર્ગોળ લેન્સ L_2 માટે અંતરો $O'I_1$ અને $O'I_2$ અનુક્રમે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ અંતર u અને υ થશે. અહીં એ નોંધવું મહત્વપૂર્ણ છે કે, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1ની કેન્દ્રલંબાઈ, અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછી જ હોવી જોઈએ. બીજું પ્રતિબિંબ A"B" તો જ મળશે, જો લેન્સ L_2 અને પ્રથમ પ્રતિબિંબ A′B′ વચ્ચેનું અંતર L_2ની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછું હોય છે.

અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ની કેન્દ્રલંબાઈ નીચેના સંબંધથી ગણી શકાય:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{\upsilon}-\frac{1}{u} \quad \text{અથવા} \quad f=\frac{u\upsilon}{u-\upsilon} \qquad \text{(E 12.1)}$$

અંતર્ગોળ લેન્સ માટે u અને υ બંને ધન છે તથા u એ υ કરતાં ઓછું મળતું હોવાથી f હંમેશાં ઋણ મળશે.

પદ્ધતિ

(1) જો બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ અજ્ઞાત હોય, તો પ્રથમ તેની કેન્દ્રલંબાઈની આશરે કિંમત (f_L)નો અંદાજ કાઢવો અને તે અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્ર લંબાઈ કરતા ઓછી છે તેની ખાતરી કરો.

(2) ઓપ્ટિકલ બેન્ચને દૃઢ પ્લેટફોર્મ પર ગોઠવો. સ્પિરિટ લેવલનો ઉપયોગ કરી બેન્ચના પાયામાં આપેલા લેવલિંગ સ્ક્રૂની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ કરો.

(3) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર વસ્તુ પિન P_1, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 અને પ્રતિબિંબ પિન P_2 ઊભા રહે તે રીતે મૂકો. પ્રતિબિંબ પિન P_2 પર તમે નાનો કાગળનો ટુકડો મૂકી શકો છો જેથી વસ્તુ પિનના P_1 ના પ્રતિબિંબથી તેને અલગ પાડી શકાય [આકૃતિ E 12.2 (a)].

(4) સમક્ષિતિજ સીધી રેખા પર, ઓપ્ટિકલ બેન્ચની લંબાઈને સમાંતર, P_1 અને P_2ની અણી તથા બહિર્ગોળ લેન્સ L_1ના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર (O)ની સમરેખતા ચકાસો. આ પરિસ્થિતિમાં લેન્સનાં સમતલો અને બંને પિનો લેન્સની અક્ષને લંબ હોય.

(5) ઈન્ડેક્સ સુધારા નક્કી કરવા, લગાવેલી પિનને અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ની નજીક લાવો. અણીવાળી સોયને (વણાટ માટે વપરાતી તીક્ષ્ણ ધારવાળી સોંય પણ આ કાર્ય માટે ચાલશે) સમક્ષિતિજ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેનો એક છેડો લેન્સની કોઈ પણ એક વક્રકાર સપાટીને સ્પર્શે અને બીજો છેડો પિનની ટોચને સ્પર્શે. આ બંને અપરાઈટ્સના સ્થાનો ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર આપેલ સ્કેલથી નોંધો. આ બંનેનો તફાવત ઈન્ડેક્સ સોયની અવલોકિત લંબાઈ આપે છે. પિનની ટોચ અને લેન્સ L_2ના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O′ વચ્ચેની વાસ્તવિક લંબાઈ આ સોયની લંબાઈનું માપ (માપપટ્ટીથી માપેલું તે પ્રમાણે) અને ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી લેન્સની અડધી જાડાઈનો સરવાળો છે. આ બંને લંબાઈનો તફાવત એ ઈન્ડેક્સ સુધારો છે. (જો અંતર્ગોળ લેન્સ કેન્દ્રથી પાતળો હોય, તો જાડાઈ અવગણી શકાય છે.)

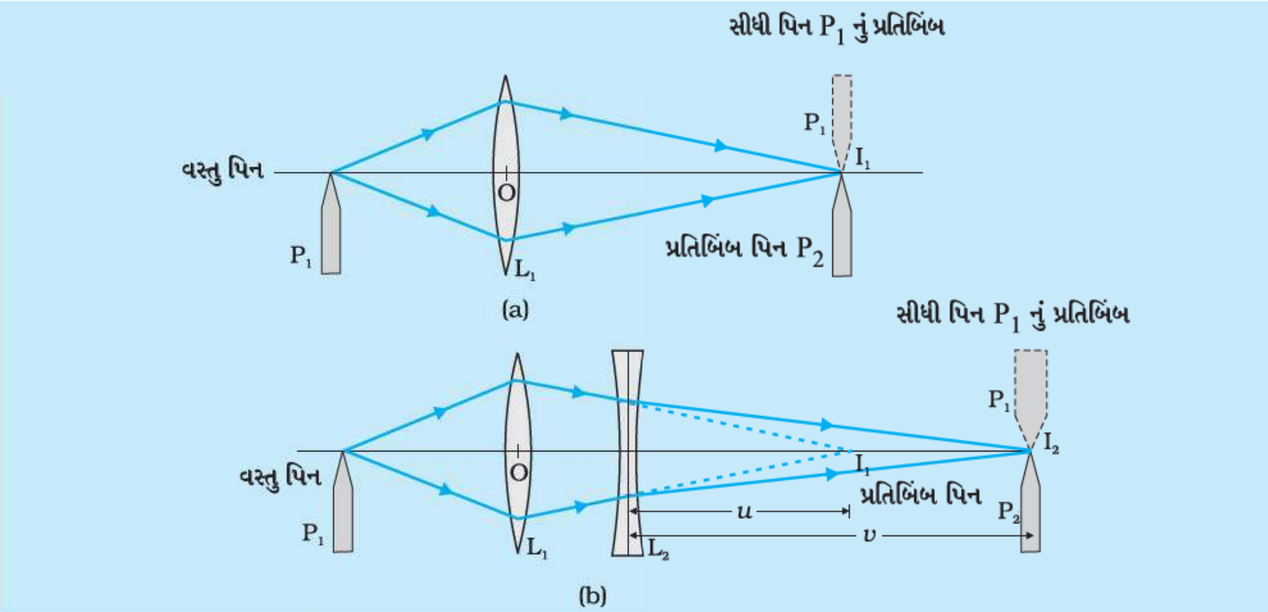
(6) વસ્તુ પિન P_1ને બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રથી તેની કેન્દ્રલંબાઈ (f_L) કરતાં સહેજ વધારે અંતરે ગોઠવો.

(7) વસ્તુ પિન P_1ના પ્રતિબિંબ અને પ્રતિબિંબ પિન P_2 વચ્ચેનો દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરી, લેન્સની બીજી બાજુએ I_1 બિંદુ પર તેનું વાસ્તવિક અને ઊંધુ પ્રતિબિંબ નક્કી કરો. [આકૃતિ E 12.2 (a)]

(8) વસ્તુ પિન P_1, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 અને પ્રતિબિંબ પિન P_2 બિંદુ I_1ને પકડી રાખતાં અપરાઈટ્સના અવલોકન વાંચો આ અવલોકનો કોષ્ટક E 12.1માં નોંધો.

(9) ત્યારબાદ, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 અને વસ્તુપિન P_1ના સ્થાન બદલ્યા સિવાય, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 અને પ્રતિબિંબ પિન P_2ની વચ્ચે અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ને મૂકો. હવે વસ્તુપિનનું પ્રતિબિંબ બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 થી દૂર જશે તે બિંદુને I_2 કહો. અંતર્ગોળ લેન્સની સ્થિતિને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી I_2 બિંદુ I_1 બિંદુથી પૂરતા પ્રમાણમાં દૂર રહે.

(10) જો બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ લેન્સના સંયોજનથી મળતું પ્રતિબિંબ ચોખ્ખું દૃશ્યમાન ન હોય તેવા કિસ્સામાં, અંતર્ગોળ લેન્સને બિંદુ I_1ની નજીક લઈ જઈ પેન્સિલને હાથમાં રાખી, પ્રતિબિંબનું સ્થાન નિશ્ચિત કરો અને પ્રતિબિંબ પિન P_2ને બિંદુ I_1 પર રાખી બહિર્ગોળ લેન્સ L_2ને ક્યાં



આકૃતિ E 12.3 : બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ

ખસેડવો તે નિશ્ચિત કરો. જ્યારે બિંદુ I_2 પર સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ દેખાય ત્યારે તે વાતની ખાતરી કરો કે તે ઓપ્ટિકલ બેન્ચની રેન્જમાં જ છે. પ્રતિબિંબ પિન P_2ને ખસેડો જેથી પ્રતિબિંબ નિશ્ચિત થાય (અથવા બિંદુ I_2 નિશ્ચિત થાય) (દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીતથી આકૃતિ E 12.3 (b)) I_2 પર મળતું પ્રતિબિંબ તદ્દન મોટું અને અસ્પષ્ટ હશે.

(11) અંતર્ગોળ લેન્સ અને પ્રતિબિંબ પિન P_2ની એટલે કે બિંદુ I_2 ની અપરાઈટ્સ સ્થિતિઓ નોંધો અને અવલોકન-કોષ્ટકમાં અવલોકનોની નોંધ કરો.

(12) વસ્તુ પિનના સ્થાનો બદલી, પદ 6 થી 10નું પુનરાવર્તન કરો અને અવલોકનોના પાંચ સમુહ નોંધો.

અવલોકન

(1) બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f_L = ______ cm

(2) ઈન્ડેક્સ સોયની માપપટ્ટીની મદદથી માપેલી લંબાઈ s = ______ cm

(3) પાતળા અંતર્ગોળ લેન્સની ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી જાડાઈ (આપેલ) t = ______ cm

(4) લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O અને પિનની ટોચ વચ્ચેની વાસ્તવિક લંબાઈ, $l = s + \frac{t}{2}$ = ____ cm

(5) ઈન્ડેક્સ સોયની અવલોકિત લંબાઈ l' = લેન્સના ધ્રુવ અને પિનની ટોચ વચ્ચેનું અંતર

= માપપટ્ટી પર લેન્સના અપરાઈટ્સનું સ્થાન - પિનના અપરાઈટ્સનું સ્થાન = ______ cm

કોષ્ટક E 12 1 : અંતર્ગોળ લેન્સ માટે u υ અને f નક્કી કરવા

ક્રમ નં.	ના સ્થાન										
	વસ્તુ પિનની અપરાઈટ્સ P_1, a (cm)	બહિર્ગોળ લેન્સ L_1ની અપરાઈટ્સ b (cm)	L_1 વડે રચાતું પ્રતિબિંબ (બિંદુ I_1) c (cm)	અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ની અપરાઈટ્સ d (cm)	L_1 અને L_2 વડે બિંદુ I_2 પર રચાતું પ્રતિબિંબ g (cm)	અવલોકિત $u = c - d$ (cm)	અવલોકિત $\upsilon = g - d$ (cm)	સુધારેલ u = અવલોકિત $u + e$ (cm)	સુધારેલ υ = અવલોકિત $\upsilon + e$ (cm)	$f = u\upsilon/(u-\upsilon)$ (cm)	Δf (cm)
1											
2											
--											
5											
									સરેરાશ		

(6) ઈન્ડેક્સ સુધારો $e = l - l'$ = ________ cm

ગણતરીઓ

અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ $f = \dfrac{u\upsilon}{u-\upsilon}$ સૂત્રની મદદથી શોધવી.

ત્રુટિ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\upsilon} - \frac{1}{u}$$

$$\frac{\Delta f}{f^2} = \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2} + \frac{\Delta u}{u^2}$$

$$\Delta f = f^2 \left[\frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2} + \frac{\Delta u}{u^2}\right]$$

જ્યાં Δu, $\Delta \upsilon$ એ માપન માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ છે. u, υ અને fની કિંમતો અવલોકન-કોષ્ટકમાંથી લો. ત્રુટિ Δfની પાંચ કિંમતોમાંથી મહત્તમ કિંમતને પરિણામની ત્રુટિ તરીકે નોંધો.

પરિણામ

આપેલા અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ $f \pm \Delta f$ = _______ ± ________ cm છે. જ્યાં f એ સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઈ છે.

સાવચેતીઓ

(1) અંતર્ગોળ લેન્સને, બહિર્ગોળ લેન્સની નજીક મૂકવો. હકીકતમાં બીજું પ્રતિબિંબ I_2 તો જ મળશે જો અંતર્ગોળ લેન્સ L_2 અને પ્રથમ પ્રતિબિંબ I_1 (જે અંતર્ગોળ લેન્સ માટે આભાસી વસ્તુ તરીકે વર્તે) વચ્ચેનું અંતર અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછું હોય.

(2) I_2 પર મળતું પ્રતિબિંબ ખૂબ મોટું અને અસ્પષ્ટ હોઈ શકે છે, તેથી વસ્તુ પિન પાતળી અને ધારદાર પસંદ કરવી જોઈએ તથા તેને બલ્બ વડે પ્રકાશિત કરવી જોઈએ.

(3) બહિર્ગોળ લેન્સ અને પિન P_1ના સ્થાન પ્રયોગના બીજા ભાગ દરમિયાન બદલાવા જોઈએ નહિ.

(4) લેન્સ L_2 ની અંતર્ગોળ સપાટી પરથી પરાવર્તન પામતા કિરણોને લીધે પ્રતિબિંબ પિન P_2નું નાનું, વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ પણ મળી શકે છે. બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ લેન્સના સંયોજનથી મળતા ઘાટા અને પ્રકાશિત પ્રતિબિંબ સાથે તેને ગૂંચવવું નહિ.

(5) u અને v માટે ઇન્ડેક્સમાં સુધારો કરવો જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) જો વસ્તુ પિનની ટોચ અને લેન્સના ઑપ્ટિકલ કેન્દ્ર જો એકસરખા સમક્ષિતિજ લેવલ પર ના હોય તો પ્રતિબિંબ પિનની ટોચ અને વસ્તુ પિનના પ્રતિબિંબની ટોચ એકબીજાને સ્પર્શ કરશે નહિ. તેમની વચ્ચે થોડી જગા રહેશે અથવા એકબીજાને ઢાંકી દેશે. આ પરિસ્થિતિમાં દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરવામાં ત્રુટિ ઉત્પન્ન થઈ શકે છે, જે પરિણામની ત્રુટિ સુધી લઈ જઈ શકે છે.

(2) ખૂબ જ સચોટ પરિણામ મેળવવા વસ્તુ પિનની ટોચ ધારદાર રાખવી જોઈએ.

ચર્ચા

(1) અંતર્ગોળ લેન્સ કિરણોને અપકેન્દ્રિત કરતો હોવાથી તેના વડે મળતા પ્રતિબિંબને પડદા પર ઝીલી શકાતું નથી, તે વાસ્તવિક નથી. આ અપકેન્દ્રિત થયેલાં કિરણોને અભિકેન્દ્રિત કરવા બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરવો.

(2) અંતર્ગોળ લેન્સ વડે અપકેન્દ્રિત થતાં કિરણોને, અંતર્ગોળ અરીસાની ઉપર લંબરૂપે આપાત કરી, જ્યાં વસ્તુ મૂકી છે તે બિંદુ પર વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય. આથી અંતર્ગોળ અરીસાની મદદથી પણ અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધી શકાય છે.

(3) પ્રતિબિંબ I_2 ખૂબજ મોટું છે તથા બે લેન્સના રંગવિભેદનના કારણે તે અસ્પષ્ટ બની શકે છે. આથી વસ્તુપિન P_1ની પાછળ પડદો મૂકવો વધુ યોગ્ય છે અને આ પ્રમાણે સફેદ રંગના સ્થાને આખા પ્રયોગ દરમિયાન માત્ર એક જ રંગનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. આ જ કારણે પિન P_1 તદ્દન પાતળી અને ધારદાર હોવી જોઈએ. (પિન P_2ની સાપેક્ષે)

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) આ પ્રયોગમાં અંર્તગોળ અને બહિર્ગોળ લેન્સના સંયોજન વચ્ચે *'d'* જેટલું અંતર રાખી એક જ લેન્સ તરીકે કેન્દ્રલંબાઈ f શોધી શકાય, તથા $\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}-\frac{d}{f_1 f_2}$ સંબંધ ચકાસી શકાય.

(2) u અને v ની કિંમતોની ફેરબદલી f ગણો અને f ની પ્રાયોગિક રીતે મેળવેલી કિંમત સાથે સરખામણી કરો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) $u-v$ વિરુદ્ધ $u-v$ નો આલેખ દોરો. uv ને Y–અક્ષ પર તથા $u-v$ ને X–અક્ષ પર લો. આલેખના ઢાળ પરથી f ની કિંમત શોધો.

(2) જુદી-જુદી કેન્દ્રલંબાઈના અંર્તગોળ અને બર્હિગોળ લેન્સ લઈ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. પરિણામો સરખાવો.

પ્રયોગ 13

હેતુ

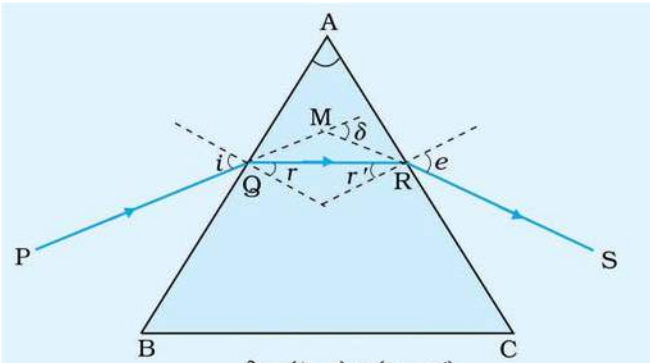
આપેલ કાચના પ્રિઝમ માટે આપાતકોણ અને વિચલનકોણ વચ્ચેનો આલેખ દોરી, લઘુત્તમ વિચલનકોણ નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ડ્રૉઈંગબૉર્ડ, કાચનો ત્રિકોણાકાર પ્રિઝમ, માપપટ્ટી, ટાંકણીઓ, સેલોટેપ / ડ્રૉઈંગપિન, આલેખ પેપર, કોણમાપક, સફેદ કાગળની શીટ

સિદ્ધાંત

ત્રિકોણકાર પ્રિઝમને ત્રણ લંબચોરસ સપાટીઓ અને બે ત્રિકોણીય પાયા છે. જે રેખા પર પ્રિઝમની કોઈપણ બે સપાટીઓ (વક્રીભવનકારક સપાટીઓ) ભેગી થાય તે વક્રીભવન ધાર થાય અને આવી બે ધાર વચ્ચેનો ખૂણો એટલે પ્રિઝમકોણ. આ પ્રયોગ માટે પ્રિઝમની લંબચોરસ સપાટીઓ ઊભી રહે તેમ ગોઠવવો અનુકૂળ છે. વક્રીભવન ધારને લંબ સમક્ષિતિજ સમતલ પરથી પ્રિઝમનો મુખ્ય ભાગ ABC મેળવી શકાય (આકૃતિ E 13.1).



$\delta = (i - r) + (e - r')$
$= i + e - A$

આકૃતિ E 13.1 કાચના પ્રિઝમ વડે પ્રકાશનું વક્રીભવન

પ્રકાશનું કિરણ PQ (હવામાંથી કાચમાં જાય છે) પહેલી સપાટી AB પર i ખૂણે આપાત થાય છે, r ખૂણે વક્રીભવન પામી QR માર્ગે જાય છે અને અંતે e ખૂણે નિર્ગમન પામી RS માર્ગે જાય છે. આકૃતિમાં દર્શાવેલી ટપકાંવાળી રેખા સપાટીઓના લંબ દર્શાવે છે. બીજી સપાટી AC પાસે આપાતકોણ r' (કાચમાંથી હવામાં જાય ત્યારે) અને વક્રીભવનકોણ (અથવા નિર્ગમનકોણ) e છે. આપાતકિરણ PQ (આગળ લંબાવેલ) નિર્ગમન કિરણ RS (પાછળ લંબાવેલ)ની દિશાઓ વચ્ચેનો કોણ વિચલનકોણ δ છે.

ભૌમિતિક સ્વીકૃતિઓ પરથી લખી શકાય કે,

(E 13.1) $$r + r' = A$$

(E 13.2) $$\delta = (i - r) + (e - r') = i + e - A$$

પ્રિઝમ માટે લઘુત્તમ વિચલનકોણની δ_mની સ્થિતિમાં પ્રકાશ કિરણ પ્રિઝમના પાયાને સમાંતર એટલે કે પ્રિઝમમાંથી સંમિત રીતે પસાર થાય.

$\delta = \delta_m$, $i = e$ ત્યારે $r = r'$

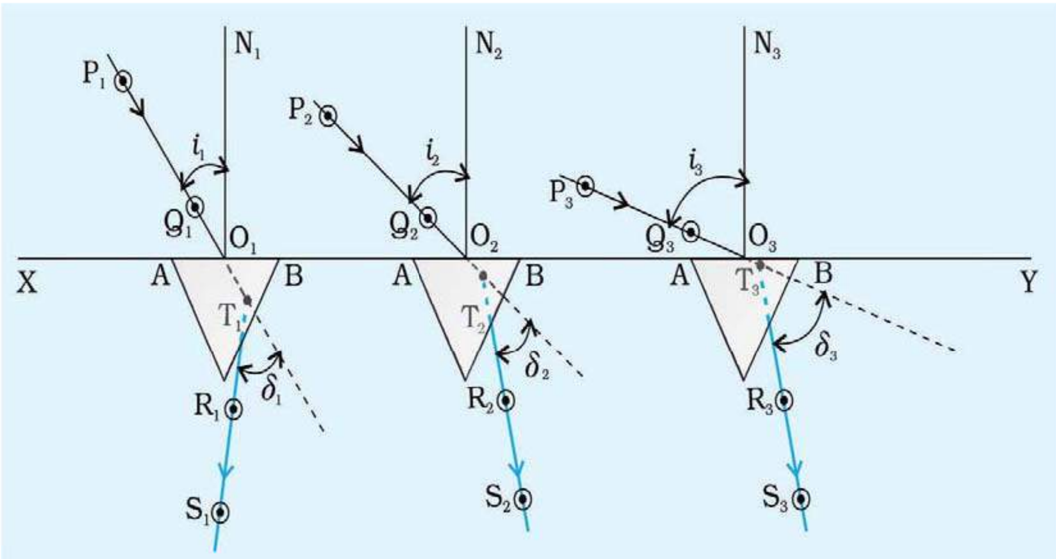
પ્રિઝમની લઘુત્તમ વિચલનકોણની સ્થિતિમાં મૂકવાના ફાયદા તરીકે પ્રતિબિંબ સૌથી વધારે તેજસ્વી હોય છે.

પદ્ધતિ :

(1) સફેદ જાડા કાગળની શીટને ડ્રૉઇંગબૉર્ડ પર સેલોટેપ અથવા ડ્રૉઇંગપિનની મદદથી જડિત કરો.

(2) સીધી રેખા XY, અણીવાળી પેન્સિલની મદદથી મધ્યમાં અને કાગળની લંબાઈને સમાંતર દોરો.

(3) બિંદુઓ O_1, O_2, O_3 ......સીધી રેખા XY પર 8 થી 10 cm ના યોગ્ય અંતર રાખી અંકિત કરો તથા તે બિંદુઓ પર લંબ N_1O_1, N_2O_2, N_3O_3 .... દોરો. (આકૃતિ E 13.2)



આકૃતિ E 13.2 કાચના પ્રિઝમ વડે જુદા-જુદા આપાતકોણ માટે પ્રકાશના કિરણનું થતું વક્રીભવન

(4) કોણમાપકની મદદથી લંબ સાથે આપાતકોણ 35°, 40°, 45°, 50° .... 60° બનાવી અનુરૂપ રેખાઓ અનુક્રમે P_1O_1, P_2O_2, P_3O_3 .... દોરો. સફેદ કાગળની શીટ પર ખુણા $\angle P_1O_1N_1$, $\angle P_2O_2N_2$, $\angle P_3O_3N_3$, ... ની કિંમત લખો. (આકૃતિ E 13.2)

(5) ABનું મધ્યબિંદુ O_1 પર આવે અને વક્રીભવનકારક સપાટી AB, XY રેખા પર ગોઠવાય તે રીતે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ પ્રિઝમ ગોઠવો. પ્રિઝમની સીમાઓ તીક્ષ્ણ પેન્સિલ વડે દોરો.

(6) તીક્ષ્ણ અણી ધરાવતી બે ટાંકણીઓ P_1 અને Q_1 ને 10 cm ના અંતરે આપાતકિરણ P_1Q_1 પર એવી રીતે લગાવો કે જેથી Q_1 બિંદુ O_1ની નજીક રહે. એક આંખ બંધ કરી (દા.ત., ડાબી આંખ) પ્રિઝમમાં જુઓ. તમારી જમણી આંખને પિન P_1 અને Q_1ના પ્રતિબિંબની રેખા પર લાવો. સફેદ કાગળની શીટ પર 10 cmના અંતરે બે ટાંકણીઓ R_1 અને S_1 એવી રીતે ઊભી ગોઠવો જેથી તેની ટોચ, ટાંકણીઓ P_1 અને Q_1ના પ્રતિબિંબની ટોચ સાથે સંપાત થાય. આ રીતે ટાંકણીઓ R_1 અને S_1 પ્રતિબિંબો P_1 અને Q_1 સાથે એકરેખસ્થ થાય.

(7) હવે ટાંકણીઓ R_1 અને S_1ને દૂર કરી સફેદ કાગળની શીટ પર તેના નિશાન પર અણીવાળી પેન્સિલ વડે ગોળ કરો. આ જ રીતે P_1 અને Q_1 ટાંકણીઓને દૂર કરી તેમના નિશાન પર પણ પેન્સિલ વડે ગોળ કરો.

(8) R_1 અને S_1 બિંદુઓને માપપટ્ટી અને અણીવાળી પેન્સિલની મદદથી જોડી નિર્ગમનકિરણ R_1S_1 મેળવો. તેને પાછળ લંબાવો તથા આપાતકિરણ P_1Q_1ને આગળ લંબાવો જેથી તે બિંદુ T_1 પર ભેગા થાય. કિરણોની દિશા દર્શાવવા માટે P_1Q_1 અને R_1S_1 પર તીરની નિશાની દોરો.

(9) વિચલનકોણ δ_1 અને પ્રિઝમકોણ BAC (ખૂણો A) ને કોણમાપક વડે માપો. આ ખૂણાઓની કિંમત આકૃતિમાં લખો. (આકૃતિ E 13.1)

(10) જુદા-જુદા આપાતકોણ (40°, 45°, 50° ....) માટે પદ 5 થી 9 પુનરાવર્તિત કરો અને અનુરૂપ વિચલનકોણ δ_2, δ_3 ....ને કોણમાપક વડે માપી, તેમને સંબધિત આકૃતિમાં દર્શાવો.

(11) નોંધેલાં અવલોકનોને કોષ્ટકમાં યોગ્ય એકમ અને સાર્થક સંખ્યાનો ઉપયોગ કરી લખો.

અવલોકન

કોણમાપકનું લઘુત્તમ માપ = _______ (ડિગ્રી)

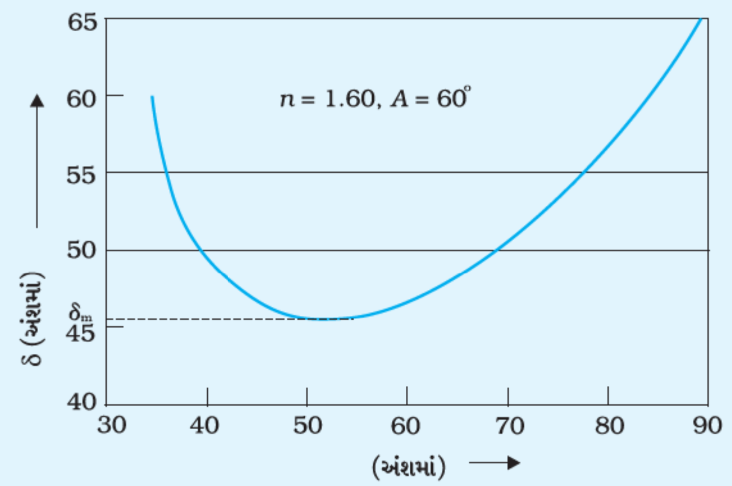
પ્રિઝમકોણ (A) = _______ (ડિગ્રી)

કોષ્ટક E 13.1 : પ્રિઝમ માટે આપાતકોણ i અને વિચલનકોણ δ ના માપન

ક્રમ	આપાતકોણ, i (ડિગ્રી)	વિચલનકોણ, δ (ડિગ્રી)
1		
2		
3		
--		
10		

પ્રિઝમ માટે i અને δ વચ્ચેનો આલેખ દોરવો.

કોષ્ટક E 13.1માંથી અવલોકિત કિંમતોનો ઉપયોગ કરી આપાતકોણ i ને X–અક્ષ પર અને વિચલનકોણ δને Y–અક્ષ પર લો. આ અક્ષો પર યોગ્ય પ્રમાણમાપ લઈ i અને δનો આલેખ દોરો. કાળજીપૂર્વક મુક્ત હાથ વડે આલેખ પર મૂકેલાં દરેક યોગ્ય કિંમતનાં બિંદુઓમાંથી પસાર થાય તેમ હળવો વક્ર દોરો (આકૃતિ E 13.3).



આકૃતિ E 13.3 *આપાતકોણ અને વિચલનકોણ વચ્ચેનો આલેખ*

ગણતરી

આલેખના નિમ્નતમ બિંદુએથી X–અક્ષને સમાંતર સ્પર્શક દોરી, આલેખમાં Y-અક્ષ પર મળતા લઘુત્તમ વિચનલકોણ δ_m નું મૂલ્ય મેળવો. આ પરિણામને યોગ્ય સાર્થક સંખ્યાને ઉપયોગ કરી નોંધો.

પરિણામ

લઘુત્તમ વિચલનકોણ δ_m = _______ ± ______ (ડિગ્રી)

સાવચેતીઓ

(1) ટાંકણીઓ કાગળ પર શિરોલંબ લગાવો.

(2) PQ અને RS વચ્ચેનું અંતર લગભગ 10 cm રાખો જેથી આપાત અને નિર્ગમન કિરણો ખૂબ સચોટતાથી દર્શાવાય.

(3) બધાં અવલોકનો માટે સમાન પ્રિઝમકોણ લો.

(4) અવલોકનોના આપેલા સમુહ માટે પ્રિઝમનાં સ્થાનમાં વિક્ષેપ ન પડવો જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) જો સંલગ્ન બાજુઓની વચ્ચે રચાતા ત્રણ વક્રીભવનકોણ સમાન ન હોય, તો $A + \delta \neq i + e$.

(2) ખૂણાઓનાં માપ લેતી વખતે પણ ત્રુટિ આવી શકે.

ચર્ચા

(1) આપાતકોણનું મૂલ્ય 35°થી વધારે લેવું એવું સૂચન છે. 35° થી ઓછા આપાતકોણ માટે પ્રિઝમમાં પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થવાની શક્યતા છે આથી આમ કરવું જરૂરી છે.

(2) તમારે દરેક અવલોકનોને $i + e = A + \delta$ સૂત્રની મદદથી ચકાસવા જોઈએ.

(3) આ પ્રયોગમાં મળતો $i - \delta$ વક્ર અરેખીય વક્ર છે. આવી પરિસ્થિતિમાં લઘુત્તમ વિચલનકોણના વિભાગમાં વધારે અવલોકન લેવા જોઈએ, જેથી લઘુત્તમ વિચલનકોણનું માપ સચોટ મળે. દા.ત., δનાં અવલોકનો પ્રારંભમાં 35°, 40°, 45° અને 50° માટે લીધા હોય અને જો $i - \delta$ નાં બિંદુઓ આકૃતિ E 13.3માં દર્શાવ્યા મુજબ હોય, તો 45° થી 55°ની અવધિમાં 1° કે 2° ના તફાવતમાં i નાં વધુ અવલોકનો લેવાં જોઈએ.

આ વિભાગમાં લીધેલાં વધારે અવલોકનોની મદદથી વક્રને સરળતાથી દોરી શકાશે અને આલેખ પર નિમ્નતમ બિંદુનું સ્થાન વધારે સચોટતાથી નક્કી કરી શકાશે.

(4) લઘુત્તમ વિચલનની પરિસ્થિતિમાં વક્રીભૂતકિરણ પ્રિઝમની અંદર પાયાને સમાંતર બનશે જેથી $r = r'$ શરત સંતોષાશે.

(5) આલેખ તીક્ષ્ણ નિમ્નતમ દર્શાવતું નથી, લઘુત્તમ વિચલનની નજીક અમુક અવધિના આપાતકોણોમાં એકસરખું વિચલન જણાતું હોય છે. માટે $i - \delta$ ના આલેખમાં સ્પર્શક રેખા દોરવામાં અને લઘુત્તમ વિચલનકોણ નક્કી કરવામાં વિશેષ કાળજી રાખવી જરૂરી છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) i અને δ વચ્ચેના આલેખનું વિશ્લેષણ કરો.

(2) આ પ્રયોગમાં મેળવેલા નિર્ગમનકોણને આપાતકોણ બનાવવામાં આવે, તો δનાં મૂલ્યોમાં કોઈ ફેરફાર થાય ? જો હા તો કેમ ? જો ના તો કેમ ?

(3) જો આપાતકોણ ઘટાડતા જઈએ તો શું થાય ? જો તમે માનતા હોય કે તેમાં કંઈક લઘુત્તમ છે તો તેનુ સુત્ર સૈદ્ધાંતિક રીતે શોધો. જો i નું મૂલ્ય લઘુત્તમ આપાતકોણ કરતાં ઓછું હોય તો શું થાય ?

સુચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) આલેખ પરથી મેળવેલ A અને δmનાં મૂલ્યો નો ઉપયોગ નીચેના સૂત્રમાં કરી પ્રિઝમના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક ગણો.

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin[(A+\delta_m)/2]}{\sin(A/2)}$$

(2) તમે અવલોકેલા દરેક આપાતકોણ i, વિચલનકોણ δને અનુરૂપ નિર્ગમનકોણ માપો. $(i + e)$ અને $(A + \delta)$ ગણો અને તેમને કેવી રીતે સરખાવી શકાય તે જુઓ.

(3) $i - \delta$ વક્રને કાપતી સમાંતર સમક્ષિતિજ રેખા દોરો, જેનાથી તમને i અને e ના જુદા-જુદા મૂલ્યો મળશે. આ સમાંતર રેખાઓનાં મધ્યબિંદુઓ મેળવો અને તે મધ્યબિંદુઓને જોડો. આ રીતે મેળવેલા વક્રનો આકાર કેવો હશે ? જો આ આકાર એક સુરેખા બનાવે છે, તો તેનો (i) ઢાળ (ii) y-અંતઃખંડ (iii) x-અંતઃખંડ શોધો.

(4) પોલા પ્રિઝમની મદદથી જુદા-જુદા પ્રવાહીના વક્રીભવનાંક, $i - \delta$નો આલેખ દોરીને નક્કી કરવો.

(5) તમે દોરેલી આકૃતિઓ માટે r, r' અને e માપો. i અને r, તથા e અને r'નાં મૂલ્યો પરથી પ્રિઝમના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક શોધો.

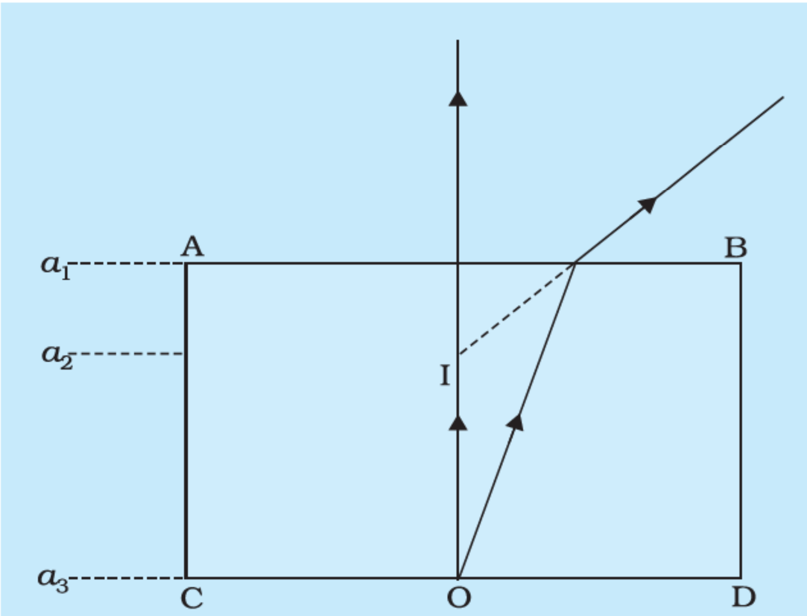
પ્રયોગ 14

હેતુ

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

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ટ્રાવેલિંગ માઇક્રોસ્કૉપ, કાચનો સ્લેબ, લાઇકોપોડિયમ પાઉડર / ચૉકનો ભૂકો, કાગળ



આકૃતિ E 14.1 કાચના સ્લેબમાં બિંદુ O ના પ્રતિબિંબ I ની રચના

સિદ્ધાંત

કાચના સ્લેબને સમક્ષિતિજ સપાટી પર હવામાં મૂકી તેના તળિયાને ઉપરથી જોતાં વક્રીભવનની ઘટનાના કારણે તે ઊંચે આવેલું દેખાય છે. આ આભાસી તળિયા અને સ્લેબની ઉપરની સપાટી વચ્ચેના અંતરને સ્લેબની આભાસી જાડાઈ કહે છે. સામાન્યતઃ અવલોકનની સ્થિતિમાં, હવાના માધ્યમની સાપેક્ષે કાચનો વક્રીભવનાંક,

$$n_{ga} = \frac{\text{સ્લેબની વાસ્તવિક જાડાઈ}}{\text{સ્લેબની આભાસી જાડાઈ}}$$

પદ્ધતિ

(1) ઉપયોગમાં લેવાતા માઇક્રોસ્કૉપના માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ શોધો.

(2) કાગળની શીટ પર નિશાન કરો.

(3) માઇક્રોસ્કૉપના સમક્ષિતિજ પ્લેટફોર્મ પર કાગળ મૂકો. માઇક્રોસ્કૉપને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેના લેન્સનું તંત્ર નિશાન ઉપર શિરોલંબ રીતે ગોઠવાય.

(4) માઇક્રોસ્કૉપને નિશાન પર ફોક્સ કરો અને કોષ્ટક E 14.1 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મુખ્ય માપક્રમ પરના અવલોકન (MSR) અને વર્નિયર માપક્રમ પરના એકરેખસ્થ કાપા (VSR)નો ઉપયોગ કરો અવલોકન a_1 ની નોંધ કરો.

(5) હવે, કાગળની શીટ પરના અંકિત નિશાન ઉપર કાચનો સ્લેબ મૂકો.

(6) કાગળ પર રહેલું અંકિત નિશાન કાચના સ્લેબમાંથી જ્યાં સુધી તીક્ષ્ણ અને સ્પષ્ટ ન દેખાય ત્યાં સુધી માઇક્રોસ્કૉપને ઉપર લઈ જાઓ. મુખ્ય માપ અને વર્નિયર માપક્રમના એકરેખસ્થ કાપાની મદદથી અવલોકન a_2 લો.

(7) કાચના સ્લેબની ઉપરની સપાટી પર થોડોક લાઇકોપોડિયમ પાઉડર / ચૉકનો ભૂકો પાથરો.

(8) માઈક્રોસ્કોપના લેન્સના તંત્રને ઉપર તરફ ખસેડી ચોકના ભૂકાના થોડાક કણોને સ્પષ્ટ રીતે ફોક્સ કરો અને અવલોકન a_3 નોંધો.

(9) સ્લેબને ઊંધો કરો અને પદ 3 થી 8નું પુનરાવર્તન કરો.

અવલોકન

ટ્રાવેલિંગ માઇક્રોસ્કૉપનું લઘુત્તમ માપ :

મુખ્ય માપક્રમના 20 કાપાનું માપ (MSD) = 1 cm (ધારો કે)

$$\therefore \; 1 \text{ કાપાની કિંમત } (1 \text{ MSD}) = \frac{1}{20} \text{cm}$$

વર્નિયર માપક્રમના 50 કાપાઓ (VSD) = 49 MSD (ધારો કે)

$$\therefore \; 1 \text{ VSD} = \frac{49}{50} \text{ MSD} = \frac{49}{50} \times \frac{1}{20} \text{ cm}$$

માઇક્રોસ્કૉપનું લઘુત્તમ માપ = (1 MSD – 1 VSD)

$$= \left[\frac{1}{20} - \left(\frac{49}{50}\right) \times \frac{1}{20}\right] = \frac{1}{20}\left(1 - \frac{49}{50}\right) \text{ cm}$$

લઘુત્તમ માપ (LC) = 0.001 cm

કોષ્ટક **E 14. 1** : કાચના સ્લેબનો વક્રીભવનાંક

માઈક્રોસ્કૉપને ફોક્સ કરતાં અવલોકનો									
ક્રમ	કાગળ પર અંકિત નિશાન			સ્લેબ માંથી દેખાતા કાગળ પરનું અંકિત સ્થાન			કાચની ઉપરની સપાટી પર રહેલા કણો		
	M.S.R. M (cm)	V.S.R. N (cm)	a_1 = M+ N× L.C. (cm)	M.S.R. M (cm)	V.S.R. N (cm)	a_2 = M+ N× L.C. (cm)	M.S.R. M (cm)	V.S.R. N (cm)	a_3 = M+ N× L.C. (cm)
1									
2									
3									

ગણતરીઓ

$$\text{વક્રીભવનાંક } n_{ga} = \frac{\text{સ્લેબની વાસ્તવિક જાડાઈ}}{\text{સ્લેબની આભાસી જાડાઈ}} = \frac{a_3 - a_1}{a_2 - a_1} = \frac{b}{c} \quad \text{(ધારો)}$$

અવલોકનોના બે સેટ માટે n_{ga} શોધી સરેરાશ n_{ga} શોધો.

ત્રુટિ

n_{ga}ના માપનની અંદાજિત ત્રુટિ

$$\frac{\Delta n_{ga}}{n_{ga}} = \left(\frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}\right) \quad \text{(E 14.1)}$$

જ્યાં $$\frac{\Delta b}{b} = \left(\frac{\Delta a_1}{a_1} + \frac{\Delta a_3}{a_3}\right) \quad \text{(E 14.2)}$$

અને $$\frac{\Delta c}{c} = \left(\frac{\Delta a_1}{a_1} + \frac{\Delta a_2}{a_2}\right) \quad \text{(E 14.3)}$$

સમીકરણ E 14.1 પરથી, $$\frac{\Delta n_{ga}}{n_{ga}} = \left(\frac{2\Delta a}{b} + \frac{2\Delta a}{c}\right)$$

અથવા $$\Delta n_{ga} = 2n_{ga}\left[\frac{\Delta a}{b} + \frac{\Delta a}{c}\right]$$

Δa = માઈક્રોસ્કૉપનું લઘુત્તમ માપ એટલે કે a_1, a_2 અને a_3ના માપનની ત્રુટિ.

અવલોકનોના બે સેટ પરથી મળેલી Δn_{ga} ની મહત્તમ કિંમતને પરિણામની સાથે પ્રાયોગિક ત્રુટિ તરીકે નોંધી શકાય.

પરિણામ

કાચના સ્લેબનો વક્રીભવનાંક,

$n_{ga} \pm \Delta n_{ga} = \ldots \pm \ldots$

n_{ga} એ હવાની સાપેક્ષે કાચના વક્રીભવનાંકનું સરેરાશ મૂલ્ય છે.

સાવચેતીઓ

(1) નકારાત્મક પ્રતિક્રિયા - ત્રુટિ (back-lash error) ટાળવા માઇક્રોસ્કૉપને ફોક્સ કરવા વપરાતા સ્ક્રૂને માત્ર એક જ દિશામાં ફેરવવા જોઈએ.

(2) એકવાર માઇક્રોસ્કૉપને પ્રથમ અવલોકન એટલે કે a_1 માટે ફોક્સ કરી દીધાં પછી, લેન્સના તંત્રની ફોક્સીંગ વ્યવસ્થાને પછીનાં અવલોકનો a_2, a_3 માટે બદલવું / ફેરફાર કરવો નહિ.

(3) કાચના સ્લેબને સમક્ષિતિજ સપાટી પર મૂકવો જોઈએ.

(4) વર્નિયર માપક્રમના એકરેખસ્થ કાપાના અવલોકનમાં ત્રુટિને ટાળવા માટે વિપુલદર્શક કાચનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) માઈક્રોસ્કૉપની સ્થિતિ કાચના સ્લેબની સપાટીને લંબરૂપે ન પણ હોય.

(2) જો કાચના સ્લેબ પર પાથરેલ લાઇકોપોડિયમ પાઉડર / ચોકનો ભૂકો વધારે ઘટ્ટ થાય, તો તે કાચના સ્લેબની વાસ્તવિક સપાટીનું પ્રતિનિધિત્વ કરતો નથી અને તેથી પરિણામમાં ત્રુટિ આવી શકે.

ચર્ચા

(1) જો તમે પાણી ભરેલી ડોલમાં પડેલા સિક્કાને ઊંચકો તો વાસ્તવિક અને આભાસી ઊંડાઈને અનુભવી શકો છે.

(2) એવી પરિસ્થિતિ વિચારો કે જેમાં વસ્તુમાંથી આવતાં કિરણો કાચના સ્લેબ પર ત્રાંસા આપાત થાય. શું તમે n_{ga} માટે ગાણિતિક સમીકરણ મેળવી શકો ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જો રંગહીન કાચના સ્લેબને પારદર્શક પ્રવાહી કે જેનો વક્રીભવનાંક સ્લેબના વક્રીભવનાંક જેટલો હોય તો તેમાં ડુબાડીએ તો શું સ્લેબ દેખાશે ? તે માટેનું કારણ આપો.

(2) તમારી પાસે એકસરખા પરિમાણવાળા ત્રણ સ્લેબ છે. – એક પોલો કે જેને સંપૂર્ણ પાણીથી ભરેલો છે, બીજો ક્રાઉન કાચનો બનેલો છે અને ત્રીજો ફ્લિન્ટ કાચનો બનેલો છે. જો તેમાંના દરેકને તળિયે કલરથી નિશાન કરેલા છે. કયા કિસ્સામાં નિશાન સૌથી વધુ ઉપર દેખાશે ? અહીં $n_{\text{ફ્લિન્ટ}} > n_{\text{ક્રાઉન}} > n_{\text{પાણી}}$

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

ઉપર વર્ણવેલી રીતની મદદથી વ્યવહારમાં મળતાં પારદર્શક પ્રવાહીઓના વક્રીભવનાંકો શોધો. આ પ્રયોગ માટે તમે પાતળા કાચના બીકરનો ઉપયોગ કરી શકો.

પ્રયોગ 15

હેતુ

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

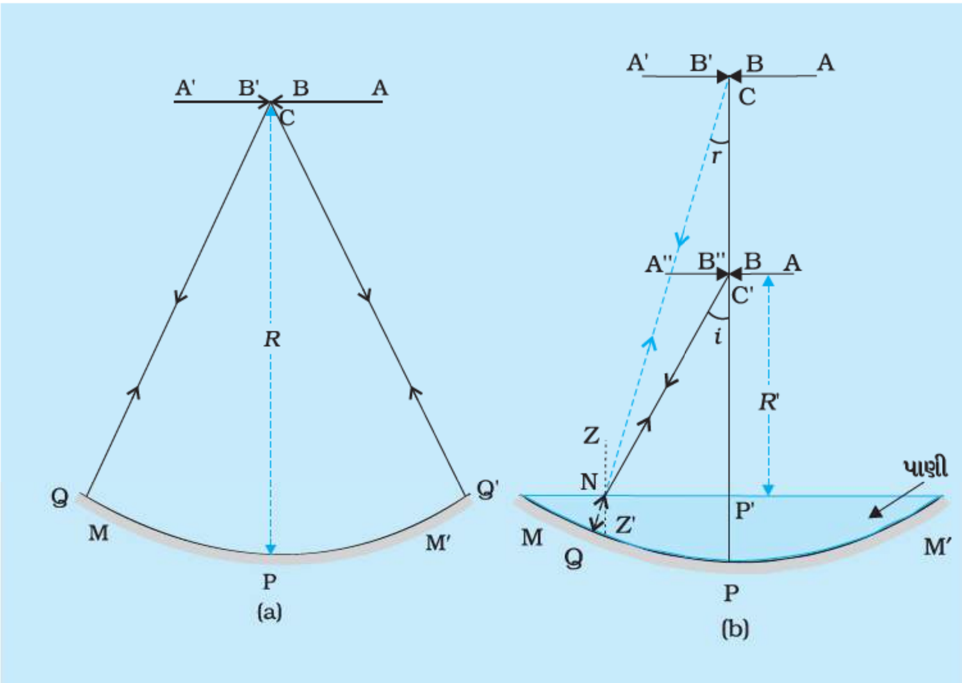
(i) અંતર્ગોળ અરીસાની મદદથી પાણીનો વક્રીભવનાંક

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

નાનું દર્પણમુખ અને મોટી કેન્દ્રલંબાઈવાળો અંતર્ગોળ અરીસો, પાણી, દૃઢ આધાર તલ અને ક્લેમ્પ વ્યવસ્થા વાળું લેબોરેટરી સ્ટૅન્ડ. (સ્ટૅન્ડની ઊંચાઈ આપેલા અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈના બમણાંથી વધારે હોવી જોઈએ.), પિન, માપપટ્ટી, સ્પિરિટ લેવલ, ઓળંબો અને બૂચના કેટલાક નાના ટુકડાં.

સિદ્ધાંત

જ્યારે વસ્તુને અંતર્ગોળ અરીસા MM′ ની પરાવર્તક સપાટીની સામે વક્રતાત્રિજ્યા R જેટલા અંતરે મુકીએ ત્યારે તેનું વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ વક્રતાકેન્દ્ર પર રચાય છે. આમ $u = v = R =$ અંતર PC, (જ્યાં P = અરીસાનો ધ્રુવ) [આકૃતિ E 15.1 (a)]. આમ તીક્ષ્ણ ધારવાળી પિન અને અંતર્ગોળ અરીસા વડે મળતા તેના વાસ્તવિક અને ઊલટા પ્રતિબિંબ વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીતથી અંતર્ગોળ અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર C નું સ્થાન નક્કી કરી શકાય છે.



આકૃતિ E 15.1 *વક્રતાકેન્દ્ર પર મૂકેલ અંતર્ગોળ અરીસા MM′ વડે રચાતું વસ્તુ AB નું પ્રતિબિંબ A′B′. (a) પાણી રહિત (ખાલી) અરીસો અને (b) પાણી ભરેલો અરીસો*

જ્યારે અરીસો અંશતઃ પારદર્શક પ્રવાહી (દા.ત., પાણી)થી ભરેલો હોય ત્યારે આકૃતિ E 15.1 (b) વક્રતાકેન્દ્ર C′નું સ્થાન દર્શાવે છે. આ કિસ્સામાં વસ્તુ પિન અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચેનો દૃષ્ટિ

સ્થાન ભેદ અરીસાના ધ્રુવ P થી ટૂંકા અંતરે દૂર થાય છે. આપાતકિરણ C′ N પાણી-હવાની સીમાએ પથ NM પર એવી રીતે વક્રીભવન પામે છે કે જેથી તે વક્રાકાર પરાવર્તક સપાટી પર બિંદુ M પર લંબરૂપે આપાત થાય. પરાવર્તિત કિરણ પાણીમાં એ જ ગતિપથ MN પર પાછું આવી NC પર અક્ષ પાસે C બિંદુએ મળે છે. વાસ્તવમાં હવામાં પરાવર્તિત કિરણ NC′ પર પસાર થાય છે. આથી વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ C′ પર મળે છે. તેથી જ તો પાણી ભરેલા અંતર્ગોળ અરીસા માટે અંતર PC′ આભાસી વક્રતાત્રિજ્યા R′ છે.

આકૃતિ E 15.1 (b) આપાતકિરણ C′Nનું પાણીમાં વક્રીભવન દર્શાવે છે. પાણીની સપાટીએ લંબ ZZ′ છે. ∠ZNC′ અને ∠ZNC એ અનુક્રમે આપાતકોણ i અને વક્રીભવનકોણ r છે. ભૌમિતિક દલીલો પરથી સ્પષ્ટ છે કે, $\angle i = \angle NC'P$ અને $\angle r = \angle NCP$. આમ, પાણીનો હવાની સાપેક્ષે વક્રીભવનાંક નીચે પ્રમાણે આપી શકાય :

$$n_{wa} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{NP'/NC'}{NP'/NC} = \frac{NC}{NC'}$$

ખૂબ નાના દર્પણમુખ અને મોટી વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવતા અરીસા માટે અંતરો NC અને NC′ એ લગભગ અનુક્રમે PC અને P′C′ અંતરો જેટલા છે. વધારામાં, જો અરીસામાં ખૂબ ઓછું પાણી ભરીએ, તો અંતર PP′ ને PC અથવા PC′ની સરખામણીમાં અવગણી શકાય છે. આમ,

$$n_{wa} = \frac{PC}{PC'} = \frac{R}{R'}$$

આ પ્રમાણે, આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરી કોઈપણ પારદર્શક પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરી શકાય છે.

પદ્ધતિ

(1) અંતર્ગોળ અરીસા માટે દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ફોક્સ કરી અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. દીવાલ અથવા તો કાગળ પર સૂર્ય અથવા ઝાડનું તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ મેળવી તે શોધી શકાય. અરીસા અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર માપપટ્ટી વડે માપો. આ અંતર અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ f નું મૂલ્ય છે. આ કેન્દ્રલંબાઈનું બમણું એ આપેલા અંતર્ગોળ અરીસા માટે વક્રતાત્રિજ્યાની અંદાજિત કિંમત છે.

નોંધ : અંતર્ગોળ અરીસામાં દેખાતા સૂર્યના પ્રતિબિંબને જોશો નહિ, કેમકે તે તમારી આંખોને નુકસાન કરી શકે છે.

(2) જડિત અને સ્થિત લેબોરેટરી સ્ટૅન્ડ પર પરાવર્તક સપાટી ઉપર તરફ રહે તેમ આપેલા અંતર્ગોળ અરીસાને મૂકો. સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ખાતરી કરો કે, અરીસાને જ્યાં મૂક્યો છે તે સમતલ સમક્ષિતિજ છે. આમ, અરીસાની મુખ્ય અક્ષ શિરોલંબ રહેશે. કાગળના અથવા પ્લાસ્ટિકના કે બુચના કેટલાક ટુકડાઓની મદદથી સ્ટૅન્ડ પર અરીસાની સ્થિતિ સ્થિર રાખી શકાય.

(3) તીક્ષ્ણ ધારવાળી તેજસ્વી (ચમકતી) પિનને ક્લેમ્પમાં સમક્ષિતિજ ભરાવી અરીસાથી સહેજ ઉપર રાખો. પિનના સ્થાનને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની ટોચ B અરીસાના ધ્રુવ P થી સહેજ ઉપર રહે અથવા અરીસાની મુખ્ય અક્ષ પર રહે.

(4) ક્લેમ્પમાં લગાવેલ પિનને અંતર્ગોળ અરીસાના ધ્રુવ P થી અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં અંદાજે બમણાં અંતરે લઈ જાઓ. (પ્રથમ તબક્કામાં આ મેળવેલ છે.) ફરી એકવાર તપાસો કે પિનની ટોચ અને ધ્રુવ P એક જ શિરોલંબ રેખામાં છે કે નહિ. (જે અરીસાની મુખ્ય અક્ષ છે.)

(5) પિનના સ્થાનને ત્યાં સુધી ગોઠવતાં જાવ, જ્યાં સુધી પિનની ટોચ અને તેના ઊલટા પ્રતિબિંબ વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર થાય.

(6) પિનની ટોચ અને અરીસા વચ્ચેનું શિરોલંબ અંતર ઓળંબો અને માપપટ્ટીનો ઉપયોગ કરીને માપો. આ અંતર અરીસા માટે વાસ્તવિક વક્રતાત્રિજ્યા છે.

(7) અરીસાની વક્રસપાટીમાં થોડું પાણી ભરો.

(8) પિનને ધીરે-ધીરે નીચે લેતાં જાવ, જ્યાં સુધી પિનની અણી અને તેના પાણી ભરેલા અરીસા વડે મળતાં ઊલટા પ્રતિબિંબ વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર થાય.

(9) અરીસામાંથી પાણી દૂર કરી, પિનની અણી અને અરીસા વચ્ચેનું શિરોલંબ અંતર માપો. આ અંતર પાણી ભરેલા અરીસાની આભાસી વક્રતાત્રિજ્યા દર્શાવે છે.

(10) પ્રયોગનું ઓછામાં ઓછું બીજી બે વખત પુનરાવર્તન કરો. (પદ 2 થી 9)

અવલોકન

(1) અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ f = ... cm

(2) વક્રતાત્રિજ્યાનું અંદાજિત મૂલ્ય $R = 2f$ = ... cm

કોષ્ટક E 15.1 : R, R' અને n_{wa}નાં અવલોકનો

ક્રમ	ધ્રુવની સાપેક્ષે પિન 'P'નું સ્થાન		n_{wa} = R/R'	Δn_{Wa}
	ખાલી અંતર્ગોળ અરીસા માટે અંતર PC, R (cm)	પાણી ભરેલા અરીસા માટે અંતર PC', R' (cm)		
1				
2				
3				
		સરેરાશ		

ગણતરીઓ

n_{wa} ગણો અને તેની સરેરાશ કિંમત શોધો.

ત્રુટિ

$$\frac{\Delta n_{wa}}{n_{wa}} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta R'}{R'}$$

$$\therefore \Delta n_{wa} = \left[\frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta R'}{R'}\right] n_{wa}$$

પરિણામ

હવાની સાપેક્ષે પાણીનો વક્રીભવનાંક

$n_{wa} \pm \Delta n_{wa}$ = ... ± ...

n_{wa} એ સરેરાશ કિંમત છે અને Δn_{wa} એ ત્રુટિઓની ત્રણ કિંમત પૈકીની મહત્તમ છે.

સાવચેતીઓ

(1) પિનને સમક્ષિતિજ મૂકેલા અંતર્ગોળ અરીસાની પરાવર્તક સપાટીની ઉપર એવી રીતે સમક્ષિતિજ મૂકવી જોઈએ કે જેથી પિનની અણી અરીસાના ધ્રુવની ઉપર શિરોલંબ મુખ્ય અક્ષ પર રહે.

(2) અરીસાનું દર્પણમુખ નાનું હોવું જોઈએ.

(3) અરીસો ઘણો પાતળો હોવો જોઈએ, નહિતર એક કરતાં વધારે પરાવર્તનોના કારણે પ્રતિબિંબ અસ્પષ્ટ બને છે.

(4) અરીસામાં લીધેલ પાણી એટલું પૂરતું હોવું જોઈએ કે જેથી પાણીની સપાટી સમક્ષિતિજ રહે, નહિ તો પૃષ્ઠતાણના કારણે સપાટી સમક્ષિતિજ રહેશે નહિ.

(5) આંખને પિનથી 25 cm કરતાં વધારે અંતરે રાખવી જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

PC ને જોડતી રેખા શિરોલંબ ના પણ હોઈ શકે.

ચર્ચા

(1) જો જુદી-જુદી વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવતા અંતર્ગોળ અરીસાઓની મદદથી પાણીનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરવામાં આવે, તો તે વક્રીભવનાંકના મૂલ્યને કેવી રીતે અસર કરી શકે ?

(2) PC અને PC′ નાં સચોટ મૂલ્યો શોધવા ઓળંબાનો ઉપયોગ કરી શકાય. ઓળંબો કઈ રીતે સાચા માપનની ખાતરી આપશે ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) પાણીથી ભરેલો અંતર્ગોળ અરીસો, અંતર્ગોળ અરીસા અને સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સના સંયોજન તરીકે વર્તે છે એવું સ્વીકારી, આ પ્રયોગ પરથી પાણીનો વક્રીભવનાંક શોધો.

(2) અરીસામાંના પાણીનો જથ્થો થોડાક ટીપાંથી શરૂ કરો, ધીરે-ધીરે વધારતાં જઈએ તેમ પ્રતિબિંબના સ્થાન અથવા તેની તીવ્રતા (તેજસ્વીતા) બદલાય તેવી તમે અપેક્ષા રાખો છો?

(3) જો આપેલા પાણીની પારદર્શિતા જળવાઇ રહે એ રીતે રંગ ઉમેરવામાં આવે, તો શું તેને લીધે વક્રીભવનાંકના મૂલ્ય અને પ્રતિબિંબની તીવ્રતાનું મૂલ્ય બદલાય ?

(4) જો ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં અન્ય પારદર્શક પ્રવાહી (જેમકે કેરોસીન) જે પાણી કરતાં હલકું હોય તેને ઉમેરતાં તે પાણીની સપાટી પર પાતળી ફિલ્મ બનાવે છે, તો શું હજી પણ પ્રયોગ કરી શકાય ? જો થઈ શકે તો શું વક્રીભવનાંકનું મૂલ્ય બદલાશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) જુદાં-જુદાં પ્રવાહીઓનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરો. (સફેદ સરકો (Vinegar), કેરોસીન, ગ્લિસરીન, રાંધણતેલ)

(2) ટેબલ-લૅમ્પ લો. તેને જુદા-જુદા કલરના પારદર્શક કાગળથી ઢાંકી દો. અંતર્ગોળ અરીસાની મદદથી પ્રવાહી (જેમકે પાણી)નો વક્રીભવનાંક નક્કી કરો. શું તમે પ્રવાહીના વક્રીભવનાંકના મૂલ્યમાં કોઈ ફેરફાર અવલોક્યો ?

(3) મીઠા/ખાંડના દ્રાવણની સાંદ્રતા બદલતા જઈ તેના વક્રીભવનાંકમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરો.

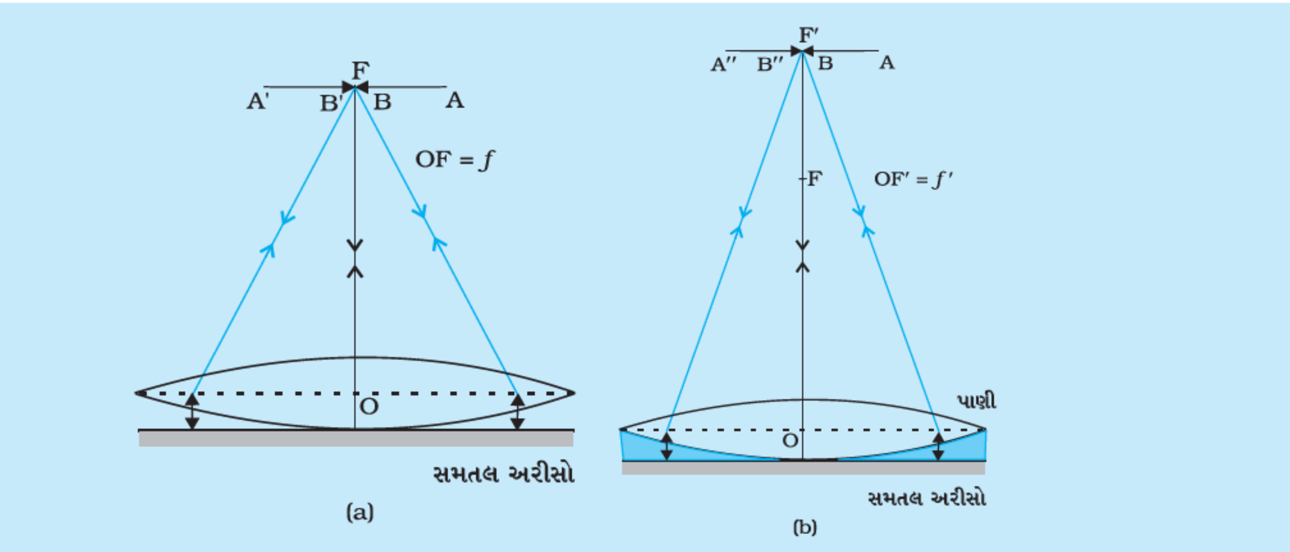
(ii) બહિર્ગોળ લેન્સ અને સમતલ અરીસાની મદદથી પાણીનો વક્રીભવનાંક શોધવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

બંને બાજુથી બહિર્ગોળ હોય તેવો લેન્સ (જેની કેન્દ્રલંબાઈ લગભગ 20 cm હોય), સમતલ અરીસો (લેન્સના દર્પણમુખ કરતા જેનું પરિમાણ મોટું હોય), પિન લગાવેલ ક્લેમ્પ સહિત લેબોરેટરી સ્ટૅન્ડ, માપપટ્ટી, ઓળંબો, પાણીનું ડ્રૉપર

સિદ્ધાંત

આ રીતમાં વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ બહિર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર પર મૂકેલી વસ્તુ પર સંપાત થાય છે. મુખ્ય કેન્દ્ર F પર મૂકેલી પિન AB માંથી નીકળતાં કિરણો લેન્સની પાર નીકળે ત્યારે અક્ષને સમાંતર બને છે. જ્યારે આ કિરણો બહિર્ગોળ લેન્સની નીચે મૂકેલા સમક્ષિતિજ સમતલ અરીસા પર લંબરૂપે આપાત થાય, ત્યારે તે તે જ રસ્તે પાછા ફરી લેન્સના મુખ્ય ફોકલ પ્લેન (સમતલ) પર વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ A′ B′ રચે છે. (આકૃતિ E 15.2 (a)). પ્રતિબિંબ A′ B′નું પરિમાણ વસ્તુ પિન ABના પરિમાણ જેટલું હોય છે અને પિનની ટોચ દ્વિતીય મુખ્ય કેન્દ્રનું સ્થાન દર્શાવે છે. f(OF) બહિર્ગોળ લેન્સની (પાતળો લેન્સ)ની કેન્દ્રલંબાઈ છે તથા O એ આ લેન્સનું ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર છે. હવે, જો લેન્સ અને સમતલ અરીસાની વચ્ચેની જગામાં પારદર્શક પ્રવાહી (જેમકે પાણી) કે જેનો વક્રીભવનાંક n_{wa} છે તે ભરવામાં આવે અને ઉપરની પદ્ધતિનું મુખ્ય કેન્દ્ર F શોધવા પુનરાવર્તન કરવામાં આવે, તો નવી પરિસ્થિતિમાં ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O અને બિંદુ F′ વચ્ચેનું અંતર OF′ (f' કહી શકાય) તે સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઈ કહી શકાય.



આકૃતિ E 15.2 ***સમતલ અરીસા પર મૂકેલા સમબહિર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતા પ્રતિબિંબનું વસ્તુ AB પર સંપાતીકરણ (a)A'B' જ્યારે લેન્સ અને અરીસાની વચ્ચે હવા હોય ત્યારે અને (b)A" B" જ્યારે લેન્સ અને અરીસાની વચ્ચે પાણી હોય ત્યારે***

આ સંયોજન કાચનો બહિર્ગોળ લેન્સ (જેની બંને વક્રસપાટી માટે વક્રતાત્રિજ્યા R જેટલી સમાન

હોય) અને પાણી સમતલ-અંતર્ગોળ લેન્સ કે જેની વક્રતાત્રિજ્યા પણ એટલી જ R હોય, તેનો સમાવેશ કરે છે. પાણીના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f_W આ ત્રણ કેન્દ્રલંબાઈના સંબંધ પરથી નક્કી કરી શકાય છે. (એટલે કે f, f' અને f_w પરથી)

(E 15.1) $$\frac{1}{f'} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f_w}$$

(E 15.2) $$\frac{1}{f_w} = \frac{f - f'}{f\ f'}$$

પણ સંજ્ઞા પદ્ધતિ સાથે : $f = +$ ve (ધન), $f' = +$ *ve* (ધન), $f_W = -$ *ve* (ઋણ)

$$f_w = \frac{f\ f'}{f - f'}$$

સમતલ - અંતર્ગોળ લેન્સ માટેના લેન્સમેકર સૂત્ર પરથી,

(E 15.3) $$\frac{1}{f_w} = (n_{wa} - 1)\ \frac{1}{\text{R}}$$

આમ, $R = (n_{wa} - 1)\ \dfrac{f\ f'}{f - f'}$

આથી,

(E 15.4) $$n_{wa} = \left(1 + \frac{R}{f_w}\right)$$

ધોરણ XI (NCERT) પ્રયોગપોથી ભૌતિકવિજ્ઞાન પ્રયોગ 3માં સ્ફેરોમીટરની મદદથી આપેલ બહિર્ગોળ લેન્સની ગોળાકાર સપાટીઓની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરવાની પદ્ધતિને અનુસરી અને સમીકરણ 15.4નો ઉપયોગ n_{wa} ગણવામાં થાય છે.
આથી, આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરી પારદર્શક પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરી શકાય છે.

પદ્ધતિ

(1) સમતલ અરીસાને લેબોરેટરીના દૃઢ સ્ટૅન્ડના પાયા પર તેની પરાવર્તક સપાટી ઉપર તરફ રહે તેમ મૂકો.

(2) સમતલ અરીસા ઉપર બહિર્ગોળ લેન્સ મૂકો.

(3) ધારદાર અણીવાળી ચમકતી પિનને ક્લેમ્પમાં સમક્ષિતિજ લગાવી લેન્સની ઉપર રાખો. પિનની સ્થિતિને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની ટોચ B બહિર્ગોળ લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની ઉપર શિરોલંબ રહે. આ માટે ઓળંબો અને સ્પિરિટ લેવલનો ઉપયોગ કરી શકાય.

(4) ક્લેમ્પમાં ભરાવેલી પિનને ધીરે-ધીરે ઉપર તરફ લેતાં જાવ, પ્રતિબિંબને જોતા જાવ અને તે ઊંચાઈએ લઈ જાવ જ્યાં પિનની ટોચ B, પ્રતિબિંબની ટોચ B' પર સંપાત થાય. ખાતરી કરો કે વસ્તુ પિન અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચે કોઈ દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ ના હોય. અંતર OF માપો. (આકૃતિ 15.2 (a)) પિનનાં અંતરો લેન્સની ઉપરની અને નીચેની સપાટીઓથી અવલોકો અને OF = f = આ બે અંતરોની સરેરાશ લો.

(5) ડ્રૉપરની મદદથી લેન્સની નીચે થોડાં પાણીનાં ટીપાં નાંખો, જેથી અરીસા અને લેન્સ વચ્ચેની જગા, પાણીથી ભરાયેલ રહે.

(6) વસ્તુ પિનને ઉપરની તરફ ખસેડો. વસ્તુ પિનની ટોચ અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચેનો દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરો. OF′ અંતર માપો. (આકૃતિ E 15.2 (b)). અગાઉ પિનનું બે સપાટીઓ (લેન્સની) માપેલા અંતર OF′ = f ' ને સરેરાશ તરીકે લો.

(7) પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને તમારાં અવલોકનો કોષ્ટક 15.2 માં નોંધો.

અવલોકન

(1) સ્ફેરોમીટરના બે પાયા વચ્ચેના અંતરનું સરેરાશ મૂલ્ય l = ... cm

(2) લેન્સના ઉપસેલા ભાગ (તીર આકાર) (sagitta)ની સરેરાશ કિંમત h = ... cm

(3) લેન્સની વક્રતાત્રિજ્યા Rનું સરેરાશ મૂલ્ય = ... cm

કોષ્ટક 15.2 બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ OF (= f) અને પાણી સમતલ-બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ (OF′) = f'

ક્રમ	ઓપ્ટીકલ કેન્દ્રની સાપેક્ષે પિનનું સ્થાન						$f_w = \frac{f f'}{f - f'}$	Δf_w	n_{wa}	Δn_{wa}
	પાણી વગર (OF = f)			પાણી સાથે (OF′ = f')						
	પિનનું આપેલા સ્થાનથી અંતર			પિનનું આપેલા સ્થાનથી અંતર						
	લેન્સની ઉપરની સપાટીથી d_1 (cm)	સમતલ અરીસાથી d_2 (cm)	$\frac{d_1 + d_2}{2}$ f (cm)	લેન્સની ઉપરની સપાટીથી d_3 (cm)	સમતલ અરીસાથી d_4 (cm)	$\frac{d_3 + d_4}{2}$ f (cm)				
1										
2										
3										
							સરેરાશ			

ગણતરીઓ

$$n_{wa} = \left(1 + \frac{R}{f_w}\right)$$

ત્રુટિ

$$\frac{\Delta n_{wa}}{n_{wa}} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta f_w}{f_w}$$

અથવા $\Delta n_{wa} = n_{wa}\left[\frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta f_w}{f_w}\right]$

જ્યાં $\Delta R = R\left[\frac{2\Delta l}{l} + \frac{2\Delta h}{h}\right]^{*}$

સમીકરણ 15.1નો ઉપયોગ Δf_W શોધવા આપણે કરીએ.

$$\frac{\Delta f_w}{f_w^2} = \frac{\Delta f}{f^2} + \frac{\Delta f'}{f'^2}$$

અથવા $\Delta f_w = f_w^2\left[\frac{\Delta f}{f^2} + \frac{\Delta f'}{f'^2}\right]$

Δl, Δh, Δf અને $\Delta f'$ એ માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ દર્શાવે છે.

પરિણામ

આપેલ પ્રવાહી (જેમકે પાણી)નો હવાની સાપેક્ષે વક્રીભવનાંક $n_{wa} \pm \Delta n_{wa}$ = _____ ± _____

અહીં n_{wa} એ સરેરાશ મૂલ્ય અને Δn_{wa} એ આ ત્રણ પૈકીની મહત્તમ ત્રુટિ છે.

સાવચેતીઓ

(1) પિનની ટોચને લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની ઉપર સમક્ષિતિજ રીતે શિરોલંબ મુખ્ય અક્ષ પર ગોઠવાય તે રીતે રાખવી, નહિ તો દ્રષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરવો મુશ્કેલ થશે.

(2) પાતળા લેન્સનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ, જેથી સપાટીથી માપેલાં અંતરો લગભગ ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી માપેલા અંતરની બરાબર હોય. હજુ પણ અંતરો બંને સપાટીથી માપી f અને f' ની સરેરાશ લેવું વધુ સારું છે.

* ધોરણ XI (NCERT) ની પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાના પ્રયોગ 3 નો સંદર્ભ લેવો.

(3) ડ્રૉપરની મદદથી અરીસા અને લેન્સની વચ્ચે ધીમેથી પાણી મુકવું, જેથી લેન્સની સ્થિતિમાં કોઈપણ વિશેષ કર્યા વગર તેમની વચ્ચેની હવાની જગ્યા ભરાઈ જાય.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) બહિર્ગોળ લેન્સની બંને સપાટીઓની વક્રતાત્રિજ્યા સમાન ન હોય એવું બની શકે.

(2) સમતલ અરીસો સમક્ષિતિજ ના પણ હોય.

ચર્ચા

(1) વાપરેલ બહિર્ગોળ લેન્સ પાતળો હોવો જોઈએ. જો જાડો લેન્સ વાપરવામાં આવે, તો પરિણામ માં શું ફેરફાર થશે?

(2) લેન્સમાંથી વક્રીભવન અને અરીસામાંથી પરાવર્તન પામી કિરણો એ જ રસ્તે પાછા જાય છે તેવું ચોક્કસ કરવા ઓળંબો કેવી રીતે અસરકારક છે ? સમક્ષિતિજ સાથે સમતલ અરીસો ખૂણો બનાવે તે સ્થિતિમાં મુખ્ય અક્ષને શિરોલંબ સાથે ખૂણાને દર્શાવતી યોગ્ય આકૃતિ દોરો.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) નાની કેન્દ્રલંબાઈવાળો બહિર્ગોળ લેન્સ આપેલો હોય તો શું થાય ?

(2) આ પ્રયોગ કરવા માટે તમે કઈ મૂળભૂત ધારણાઓ કરેલ છે ?

(3) લેન્સ અને અરીસાની વચ્ચે પાણી ભર્યા પછી આપણે વસ્તુ પિનને શા માટે ઉપર લઈ જઈએ છીએ ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરી અન્ય પારદર્શક પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક શોધો.

(2) લેન્સ અને અરીસા વચ્ચે મૂકેલા દ્રાવણની સાંદ્રતા બદલીને તેની દ્રાવણના વક્રીભવનાંક પર શું અસર થાય તેનો અભ્યાસ કરો.

(3) સમતલ અરીસાની મદદથી આપેલા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ માપો. હવે સમતલ અરીસાના સ્થાને (સમાન વક્રતાવાળો) બહિર્ગોળ અરીસો મૂકો. લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવાના પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. યોગ્ય કિરણાકૃતિ દોરો.

પ્રયોગ 16

હેતુ

p-n જંક્શનની ફોરવર્ડ બાયસ અને રિવર્સ બાયસની સ્થિતિમાં *I* - *V* ની લાક્ષણિકતા દર્શાવતા વક્રો દોરવા.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

p–n જંક્શન ડાયોડ (OA – 79 અથવા IN 4007), અવરોધ (3Ω, 1/2W), ચલિત પાવર સપ્લાય (0 – 12 V), વોલ્ટમીટર (0 – 12 V), મિલિએમીટર (0 – 200 mA), પ્લગ-કી, જોડાણ માટેના તાર, માઇક્રોએમીટર (0 – 200 μA), કાચપેપર.

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) ફોરવર્ડ બાયસ : p–n જંક્શન ડાયોડને બાહ્ય વોલ્ટેજ એ રીતે આપવામાં આવે કે જેથી તેનો p–વિભાગ, n–વિભાગની સાપેક્ષે ઊંચા સ્થિતિમાને હોય તો તેને ફોરવર્ડ બાયસ કહે છે.

(2) થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજ અથવા કટ-ઈન વોલ્ટેજ : જ્યારે p– વિભાગને બૅટરીના ધન છેડા સાથે જોડી વોલ્ટેજ વધારવામાં આવે, ત્યારે શરૂઆતમાં આપેલા વોલ્ટેજ કોઈ એક ચોક્કસ કિંમત સુધી પહોચે ત્યાં સુધી અવગણ્ય પ્રવાહ મળે છે. કોઈ એક લાક્ષણિક વોલ્ટેજ પછી, ડાયોડના બાયસ વોલ્ટેજમાં નજીવો વધારો કરતાં, ડાયોડ પ્રવાહમાં નોંધપાત્ર (ચરઘાતાંકીય રીતે) વધારો થાય છે. આ વોલ્ટેજને ડાયોડનો થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજ અથવા કટ-ઈન (Cut-in) વોલ્ટેજ કહે છે.

(3) રિવર્સ બાયસ : p–n જંક્શન ડાયોડની n–વિભાગ p–વિભાગની સાપેક્ષે ઊંચા સ્થિતિમાને હોય ત્યારે ડાયોડ રિવર્સ બાયસમાં છે તેમ કહી શકાય. રિવર્સ બાયસમાં, p–n જંક્શન ડાયોડનો p–વિભાગ બૅટરીના ઋણ છેડા સાથે જોડાય છે.

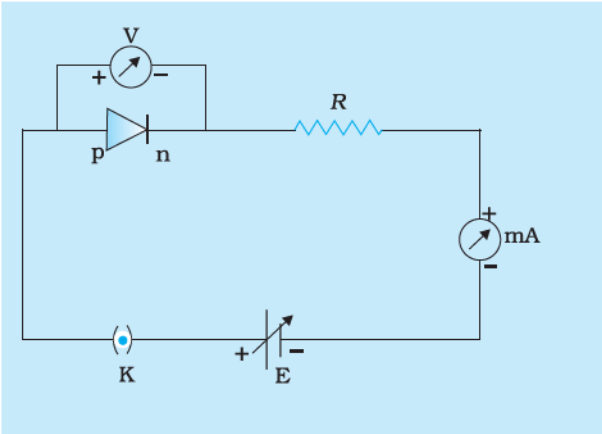
(4) રિવર્સ સંતૃપ્ત પ્રવાહ : જ્યારે રિવર્સ બાયસમાં લગાડેલ વોલ્ટેજને શૂન્યથી વધારવામાં આવે ત્યારે પ્રવાહ વધે છે, પરંતુ તરત જ અચળ બને છે. આ પ્રવાહ ખૂબ નાનો હોય છે. (થોડાક માઇક્રોએમ્પિયરમાં) જેને રિવર્સ સંતૃપ્ત પ્રવાહ કહે છે.

પદ્ધતિ

(1) આપેલા વોલ્ટમીટર (V), મિલિએમીટર (mA) અને માઇક્રોએમીટર (μA)ની અવધિ અને લઘુત્તમ માપ નોંધો.

(2) જોડાણ માટેના તાર પરથી અને ડાયોડના લીડ (Leads) પરથી અવાહક પડ દૂર કરવા કાચપેપરનો ઉપયોગ કરો.

(3) ચલ વોલ્ટેજ પાવર સપ્લાય, p–n જંક્શન ડાયોડ, વોલ્ટમીટર, મિલિએમીટર, અવરોધ અને પ્લગ-કીને આકૃતિ E 16.1માં દર્શાવ્યા મુજબ જોડો.



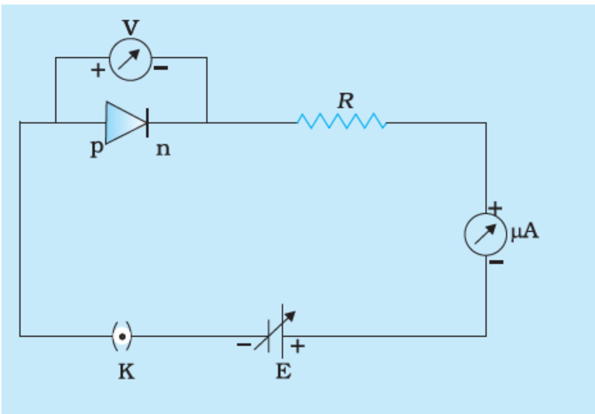
આકૃતિ E 16.1 *p – n જંક્શન ડાયોડની ફોરવર્ડ બાયસ સ્થિતિ*

(4) શરૂઆતમાં જ્યારે કળ ખુલ્લી હશે ત્યારે તમે જોશો કે પરિપથમાં કોઈ પ્રવાહ વહેતો નથી. હવે કળને બંધ કરો.

(5) પાવર-સપ્લાયના બટનને ધીરેથી અને થોડુંક ફેરવીને પરિપથને નાનો વોલ્ટેજ આપો. ડાયોડના છેડા પર વોલ્ટમીટરનું અવલોકન અને ડાયોડમાંથી વહેતા અનુરૂપ પ્રવાહને મિલિએમીટરમાંથી નોંધો.

(6) પરિપથમાં લગાડેલ વોલ્ટેજને ક્રમશઃ (તબક્કાઓમાં) વધારતા જાઓ અને તેને અનુરૂપ વોલ્ટમીટર તથા મિલિએમીટરનાં અવલોકનો કોષ્ટક E16.1માં નોંધો. જ્યાં સુધી લગાડેલ વોલ્ટેજ થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજ અથવા કટ-ઈન વોલ્ટેજની ઉપર ના જાય ત્યાં સુધી ડાયોડમાંથી વહેતો પ્રવાહ અવગણ્ય અને નાનો હશે. કટ-ઈન વોલ્ટેજ પછી પ્રવાહમાં ઝડપી ફેરફાર હશે.

(7) એકવાર થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજે પહોંચ્યા પછી વોલ્ટેજને ધીરે-ધીરે બદલો (0.1 Vના તબક્કામાં) અને ડાયોડમાંથી વહેતો સંલગ્ન પ્રવાહ I નોંધો. પ્રવાહ મિલિએમીટરની સીમા સુધી પહોંચે ત્યાં સુધી સતત વોલ્ટેજ વધારતાં જાવ.



આકૃતિ E 16.2 *p – n જંક્શનની રિવર્સ બાયસ સ્થિતિ*

(8) હવે પરિપથ છોડી દો અને આકૃતિ E 16.2 મુજબ, રિવર્સ બાયસ માટે જોડાણો કરો. p–n જંક્શન ડાયોડના p–વિભાગને પાવર સપ્લાયના ઋણ ટર્મિનલ સાથે જોડો તથા મિલિએમીટરના સ્થાને માઇક્રોએમીટર જોડો. લગાડેલ

વોલ્ટેજ ને ક્રમશઃ વધારતાં જાવ અને અનુરૂપ વોલ્ટમીટર અને માઇક્રોએમીટરનાં અવલોકનો કોષ્ટક E 16.2માં નોંધતા જાઓ. પ્રયોગના આ ભાગમાં, આપેલા સપ્લાય વોલ્ટેજ માટે, તમે રિવર્સ બાયસ લાક્ષણિક વક્રનો સીધો ભાગ મેળવશો.

ચેતવણી

ડાયોડના છેડાઓ વચ્ચે વોલ્ટેજનું મૂલ્ય ખૂબ વધારશો નહિ. વધુ પડતો પ્રવાહ (સીમા બહાર) ડાયોડને ડાયોડમાંથી મહત્તમ સ્વીકાર્ય પ્રવાહ કેટલો પસાર થઈ શકે તે ડાયોડ બનાવનાર તરફથી (ઉત્પાદક) આપેલા ટેક્નિકલ ડેટા પરથી જાણી શકાય.

અવલોકન

(1) વાપરેલ p–n જંક્શન ડાયોડ (ડાયોડનો નંબર) = ...

(2) ફોરવર્ડ બાયસ માટે

(i) વોલ્ટમીટરની અવધિ (Range) = ... V થી V

(ii) વોલ્ટમીટરના માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(iii) મિલિએમીટરની અવધિ = ... mA થી .... mA

(iv) મિલિએમીટરના માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

(3) રિવર્સ બાયસ માટે

(i) વોલ્ટમીટરની અવધિ = ... V થી V

(ii) વોલ્ટમીટરના માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(iii) માઇક્રોએમીટરની અવધિ = ... μA થી .... μA

(iv) માઇક્રોએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... μA

કોષ્ટક E 16.1 ફોરવર્ડ પ્રવાહનો ડાયોડ પર લગાડેલ વોલ્ટેજ સાથે થતો ફેરફાર (ફોરવર્ડ બાયસ)

ક્રમ	ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ V_f (V)	ફોરવર્ડ પ્રવાહ I_f (mA)
1		
2		
3		
--		
20		

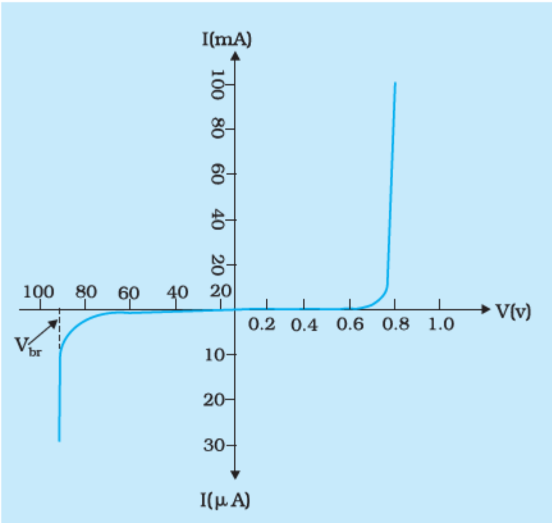
કોષ્ટક **E 16.2** રિવર્સ પ્રવાહનો ડાયોડ પર લગાડેલ વોલ્ટેજ સાથે થતો ફેરફાર (રિવર્સ બાયસ)

ક્રમ	રિવર્સ વોલ્ટેજ V_r (V)	રિવર્સ પ્રવાહ I_r (μA)
1		
2		
--		
20		

આલેખ દોરવો

(1) ડાયોડના ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ (V_f) ને ધન X–અક્ષ પર અને ડાયોડમાંથી વહેતા પ્રવાહ (I)ને ધન Y–અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 16.3 પ્રમાણે) જે વાપરેલ સિલિકોન ડાયોડની I – V લાક્ષણિકતા દર્શાવે છે. ની (knee) શોધો અને કટ-ઈન (Cut-in) વોલ્ટેજ નક્કી કરો.

(2) હવે રિવર્સ વોલ્ટેજ (V_r) ને ઋણ X–અક્ષ પર અને સંલગ્ન પ્રવાહ (μA)ને ઋણ Y–અક્ષ પર આકૃતિ E 16.3માં દર્શાવ્યા મુજબ લો તથા રિવર્સ સંતૃપ્ત પ્રવાહ શોધો.



આકૃતિ E 16.3 *ફોરવર્ડ અને રિવર્સ બાયસ માટે સિલિકોન ડાયોડની I–Vની લાક્ષણિકતાઓ*

પરિણામ

(A) આપેલા ડાયોડ માટે કટ-ઈન વોલ્ટેજનું મૂલ્ય V

(B) આપેલા ડાયોડ માટે રિવર્સ સંતૃપ્ત પ્રવાહનું મૂલ્ય .... μA છે.

સાવચેતીઓ

(1) ઉત્પાદક તરફથી આપવામાં આવેલ સ્પષ્ટીકરણ મુજબ ફોરવર્ડ બાયસમાં પસાર થઈ શકે તેવો મહત્તમ સ્વીકાર્ય પ્રવાહ શોધો અને આ સીમાની ઉપર ન જવાય તેનું ધ્યાન રાખો.

(2) ઉત્પાદકે આપેલા સ્પષ્ટીકરણ મુજબ ડાયોડમાં કેટલો મહત્તમ રિવર્સ વોલ્ટેજ લગાવી શકાય તે જાણો અને આ હદ ના વટાવાય તે ધ્યાન રાખો.

(3) ખાસ અગત્યનું ધ્યાન એ રાખો કે, ડાયોડમાં લગાડેલ વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત ધીરે-ધીરે નાના તબક્કામાં વધારતા જાવ. તમારી દૃષ્ટિ એમીટરના અવલોકન પર રાખો અને જુઓ કે પ્રવાહ આપેલ સીમાથી વધે નહિ.

ચર્ચા

જો આપણે જુદા-જુદા ડાયોડ (Ge અથવા Si) વાપરીએ તો I – Vની લાક્ષણિકતાઓમાં શું ફેરફાર થાય? શું ડાયોડનો થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજ કે કટ-ઇન વોલ્ટેજ ડાયોડના દ્રવ્ય પર આધાર રાખે છે ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) તમે ડાયોડને સ્વિચ કે રેક્ટિફાયર તરીકે કેવી રીતે વાપરશો ?

(2) ડાયોડ અને અવરોધ વચ્ચે શું તફાવત છે ?

(3) જો પરિપથમાં રહેલા અવરોધ કરતાં મોટા મૂલ્યનો અવરોધ ડાયોડ સાથે શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે, તો I – Vના લાક્ષણિકતામાં રેખીય ભાગના ઢાળ વિશે ટીપ્પણી આપો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) આ પ્રયોગને ડાયોડ સાથે શ્રેણીમાં જુદી-જુદી કિંમતના અવરોધ (R) જોડી કરો. નીચેનામાં શું ફેરફાર થાય છે તે નોંધો :

(a) કટ-ઇન વોલ્ટેજ

(b) જુદા-જુદા R અને સમાન વોલ્ટેજ માટે મળતો વાસ્તવિક પ્રવાહ

(c) I – V ની લાક્ષણિકતાના વક્રનો આકાર

(2) આ પ્રયોગને ડાયોડના બદલે "લાઇટ એમિટિંગ ડાયોડ" (LED)નો ઉપયોગ કરી કરો અને I – Vની લાક્ષણિકતા દોરો. જ્યારે તમે જુદા-જુદા કલરના LEDનો ઉપયોગ કરો છો ત્યારે થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજમાં કેવા ફેરફાર અવલોકી શકો છો ?

પ્રયોગ 17

હેતુ

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

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

p – n જંક્શન ઝેનર ડાયોડ (IN 758), 0.1 V લઘુત્તમ માપવાળું ચલિત dc પાવર સપ્લાય (0 – 15 V), માઇક્રોએમીટર (0 – 100 μA), વોલ્ટમીટર (0 – 15 V), 125 Ωનો અવરોધ, વધારે અવરોધવાળું રીઓસ્ટેટ અને જોડાણ માટેના વાયરો.

સિદ્ધાંત

ઝેનર ડાયોડ એક પ્રકારનો p – n જંક્શન ડાયોડ છે. (રેક્ટિફાયરના p – n જંક્શન ડાયોડની સરખામણીમાં અહીં p અને n વિભાગમાં અશુદ્ધિઓ (ડોપિંગ) ખૂબ વધારે પ્રમાણમાં ઉમેરવામાં આવે છે.) જે રિવર્સ વોલ્ટેજ લાક્ષણિકતાના બ્રેકડાઉન વિભાગમાં વાપરવામાં આવે છે. આ ડાયોડને પૂરતા પાવર વ્યય ક્ષમતા (Power dissipatian capacity) સાથે બનાવવામાં આવે છે કે જેથી તેઓ બ્રેકડાઉન વિભાગમાં પણ કામ કરવા સક્ષમ હોય. નીચેની બે પધ્ધતિઓ (Mechanisms) જંક્શન ડાયોડમાં બ્રેકડાઉન માટે જવાબદાર છે.

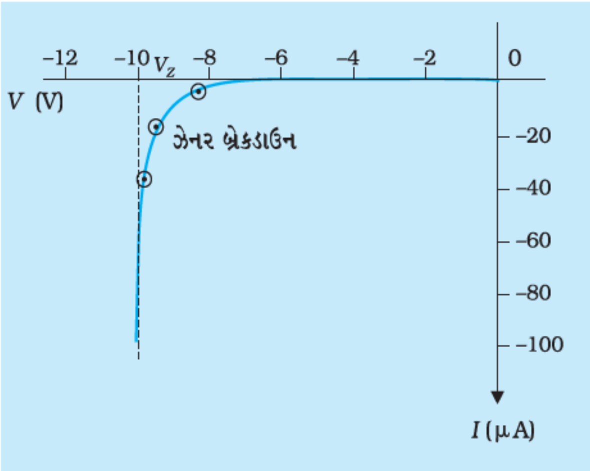
(i) એવલાન્ચ બ્રેકડાઉન

જેમ રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ વધારતાં જઈએ, તેમ p – n ડાયોડના જંક્શન પાસેના વિદ્યુતક્ષેત્રમાં વધારો થાય છે. એક ચોક્કસ રિવર્સ-બાયસ (વોલ્ટેજ) માટે, ઉષ્મીય રીતે ઉત્પન્ન થયેલા, જંક્શનને પસાર કરતાં, કેરિયરને વિદ્યુતક્ષેત્ર પૂરતી ઊંચી ઊર્જા આપે છે. આ કેરિયર પોતાના રસ્તામાં આવતા સ્ફટિક આયન સાથે અથડાઈ, સહસંયોજક બંધ તોડી ઇલેક્ટ્રૉન-હોલ જોડકું ઉત્પન્ન કરે છે. આ કેરિયરો લગાડેલા વિદ્યુતક્ષેત્રમાંથી પૂરતી ઊર્જા મેળવી બીજા સ્ફટિક આયન સાથે અથડાય છે અને વધુ ઇલેક્ટ્રૉન-હોલ જોડકાંઓ ઉત્પન્ન કરે છે. આ પ્રક્રિયા ઉત્તરોત્તર વધે છે, જે ખૂબ ઓછા સમયમાં કેરિયરનો એવલાન્ચ ઉત્પન્ન કરે છે. આ પધ્ધતિને એવલાન્ચ ગુણન કહે છે. જે ખૂબ મોટો રિવર્સ પ્રવાહ ઉત્પન્ન કરે છે અને કહી શકાય કે ડાયોડ એવલાન્ચ બ્રેકડાઉનના ક્ષેત્રમાં કાર્ય કરે છે.

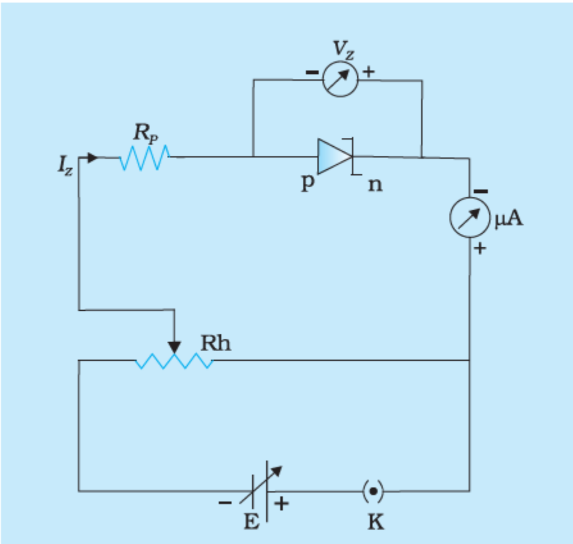
(ii) ઝેનર બ્રેકડાઉન

ઝેનર ડાયોડમાં p અને n બંને વિભાગોમાં ખૂબ મોટા પ્રમાણમાં ડોપિંગ કરવામાં આવે છે. ડોપિંગ ઘનતા ઊંચી હોવાના કારણે, ડેપ્લેશન સ્તરની પહોળાઈ નાની હોય છે. જંક્શનની પહોળાઈ નાની હોવાથી લગભગ 10^{-7}m જેટલી, તેથી ખૂબ નાનો વોલ્ટેજ પણ મોટું ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરી શકે છે. જંક્શનનું

આ ખૂબ ઊંચું ક્ષેત્ર વેલેન્સ બેન્ડમાંથી ઇલેક્ટ્રૉનને પાતળા ડેપ્લેશન સ્તરમાંથી પસાર કરી n-વિભાગમાં લઈ જાય છે. આવું ચોક્કસ વિદ્યુતક્ષેત્ર ($\sim 10^6$ V/m) અથવા વોલ્ટેજ V_z લગાડ્યા પછી ઇલેક્ટ્રૉનના ઉત્સર્જનની આ પધ્ધતિને આંતરિક ક્ષેત્ર ઉત્સર્જન કહે છે કે જેના લીધે ઊંચો રિવર્સ પ્રવાહ અથવા બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ આપે છે. આ બ્રેકડાઉનને ઝેનર બ્રેકડાઉન અને વોલ્ટેજને ઝેનર વોલ્ટેજ કહે છે. ઝેનર વોલ્ટેજે મળતા રિવર્સ પ્રવાહને ઝેનર પ્રવાહ કહે છે.



આકૃતિ E 17.1 *ઝેનર ડાયોડનો લાક્ષણિક વક્ર*



આકૃતિ E 17.2 *ઝેનર ડાયોડના લાક્ષણિક વક્ર માટેનો પરિપથ*

બ્રેકડાઉનની પ્રકૃતિ સૂચવે છે કે ઝેનર ડાયોડની V વિરુદ્ધ Iની આદર્શ લાક્ષણિકતાઓમાં (સૈધ્ધાંતિક રીતે આકૃતિ E 17.1માં દર્શાવેલ મુજબ) બ્રેકડાઉન પછી વક્ર, પ્રવાહ અક્ષને સમાંતર બને છે. જે સૂચિત કરે છે કે વોલ્ટેજનો નાનો ફેરફાર પણ લગભગ અનંત અથવા ખૂબ મોટો પ્રવાહનો ફેરફાર ઉત્પન્ન કરે છે. તમને અનુભવશો કે જેને આપણે અગાઉ બ્રેકડાઉન તરીકે વ્યાખ્યિત કર્યું હતું તે આ જ છે. જોકે ડાયોડમાંથી આટલો મોટો પ્રવાહ પસાર થવાના કારણે વધારે પડતી ઉષ્મા ઉત્પન્ન થવાનો ભય છે. ડાયોડને આવા નુકસાનથી બચાવવા, સામાન્ય રીતે આપણે વ્યવહારિક પરિપથોમાં નિયંત્રક અવરોધ (Protective Resistance) R_p ને ઝેનર ડાયોડ સાથે જોડીએ છીએ જે ડાયોડમાંથી પસાર થતા મહત્તમ પ્રવાહને નિયંત્રિત કરે છે.

વ્યવહારિક પરિપથમાં પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ નક્કી કરવાની સાદી રીત નીચે પ્રમાણે છે :

ધારો કે આપણને V_z = 10 Vનો IN 758 ઝેનર ડાયોડ આપેલો છે. આ ડાયોડની મહત્તમ પાવર વ્યયક્ષમતા 0.4 W છે. (ઉત્પાદકે આપેલા રેટિંગ અનુસાર). આપણે પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ અને ઝેનર બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ વચ્ચેનો સાદો સંબંધ શોધી શકીએ.

જેનો ઝેનર વોલ્ટેજ V_Z અને પાવર વ્યયનું રેટિંગ P_Z હોય તેવા ઝેનર ડાયોડને મહત્તમ સ્થિતિમાન V_Z ધરાવતા વિદ્યુતસ્થિતિમાન વિભાજક રચના સાથે જોડવામાં આવે છે. (આકૃતિ E 17.2). જો ઝેનર ડાયોડને સમાંતર સ્થિતિમાન V_Z હોય અને બાકીનું સ્થિતિમાન પ્રોટેક્ટિવ અવરોધને સમાંતરે હોય તો,

$$V = V_Z + I_Z R_p$$

$$I_z = \frac{P_z}{V_z} \quad \text{હોવાથી} \tag{E 17.1}$$

$$V = V_z + \left(\frac{P_z}{V_z}\right) R_p$$

અને $$R_p = \frac{(V - V_z)V_z}{P_z} \tag{E 17.2}$$

તેથી $R_p = \dfrac{(15-10)10}{0.4} = 125\ \Omega$ને ઝેનર ડાયોડ IN 758 સાથે શ્રેણીમાં જોડવો જોઈએ જેથી તેને નુકસાનથી બચાવી શકાય.

પદ્ધતિ

(1) આપેલા વોલ્ટમીટર અને માઇક્રોએમીટરનું લઘુત્તમ માપ નોંધો.

(2) લગાડેલ શૂન્ય વોલ્ટેજ માટે વોલ્ટમીટર અને માઇક્રોએમીટરનું અવલોકન શૂન્ય હોવું જોઈએ. જો તેમ ના હોય, તો શરૂઆતના અવલોકનને યોગ્ય રીતે સુધારો.

(3) જોડાણ તારના છેડાને કાચ પેપરની મદદથી સાફ કરો અને જુદાં-જુદાં ઘટકોને આપેલા પરિપથ મુજબ તારથી જોડો (આકૃતિ E.17.2). એ વાતનું ધ્યાન રાખો કે ઝેનર ડાયોડ રિવર્સ બાયસમાં છે તથા વોલ્ટમીટર અને માઇક્રોએમીટરના ધન નિશાન કરેલા છેડાને પાવર સપ્લાયના ઊંચા સ્થિતિમાન બાજુએ જોડો.

(4) એ વાતની ખાતરી કરો કે માઇક્રોએમીટર અને શ્રેણી પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ R_pને ઝેનર ડાયોડ સાથે શ્રેણીમાં તથા વોલ્ટમીટરને ઝેનર ડાયોડ સાથે સમાંતરમાં જોડાણ છે.

(5) પાવર સપ્લાયની સ્વિચ ચાલુ કરો.

(6) સ્થિતિમાન વિભાજકના સંપર્ક બિંદુને ફેરવી થોડોક રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ (V_r) લગાવો. નીચા રિવર્સ બાયસ માટે પ્રવાહ અવગણ્ય એવો નાનો હશે. એટલે કે લગભગ 10^{-8} A થી 10^{-10} A જેટલો અને તેથી મિલિએમીટર કે માઇક્રોએમીટરમાં તમને શૂન્ય અવલોકન નોંધી શકાય છે.

(7) ધીરે-ધીરે તબક્કાવાર ઝેનર ડાયોડને આપેલ વોલ્ટેજ વધારતાં જાઓ અને રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ (V_r) અને માઈક્રોએમીટરમાંથી અનુરૂપ રિવર્સ પ્રવાહ I_r નોંધો. એ વાતનું ધ્યાન રાખો કે, રિવર્સ વોલ્ટેજ V_r 0.1 Vના તબક્કામાં વધારો.

અવલોકન

(1) વોલ્ટમીટરની અવધિ (Range) = ... V થી V

(2) વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(3) માઇક્રોએમીટરની અવધિ = ... μA થી .... μA

(4) માઇક્રોએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... μA

(5) વાપરેલ ઝેનર ડાયોડની વિગતો (કોડ નં.) = ...

(6) પ્રોટેક્ટિવ અવરોધની ગણતરી માટે નીચેની માહિતી જરૂરી છે.

ઝેનર ડાયોડ માટે મહત્તમ સ્વીકાર્ય પાવર (પાવર રેટિંગ) જે ઉત્પાદક દ્વારા ઉલ્લેખ કર્યો હોય

P_z = ...W

ઝેનર ડાયોડ માટે ઉત્પાદક દ્વારા ઉલ્લેખ કરાયેલ મહત્તમ સ્વીકાર્ય વોલ્ટેજ (વોલ્ટેજ રેટિંગ),

V_z = ...V

ઝેનર ડાયોડ સાથે શ્રેણીમાં વાપરેલ પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ (R_p)નું મૂલ્ય R_p = ... Ω (E 17.2 પ્રમાણે)

(7) વોલ્ટમીટર અને માઇક્રોએમીટરના અવલોકનો કોષ્ટક E 17.1માં નોંધો.

કોષ્ટક E 17.1 : રિવર્સ પ્રવાહ (I_r)નો ઝેનર ડાયોડ પરના રિવર્સ વોલ્ટેજ (V_r) સાથે થતો ફેરફાર

ક્રમ	ઝેનર ડાયોડ માટે	
	વોલ્ટમીટરનું અવલોકન V_r (V)	માઇક્રોએમીટરનું અવલોકન I_r (μA)
1		
2		
--		
10		

આલેખ દોરવો

(i) રિવર્સ વોલ્ટેજ V_r અને રિવર્સ પ્રવાહ I_r વચ્ચેનો આલેખ દોરો. V_rને X-અક્ષ પર અને I_rને Y-અક્ષ પર લઈ કોષ્ટક E 17.1 ના અવલોકનો પરથી આલેખ દોરો.

(ii) $V_r - I_r$ ના આલેખની પ્રકૃતિ ચર્ચો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

(iii) $V_r - I_r$ ના આલેખ પરથી બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજની કિંમત શોધો.

પરિણામ

આલેખ પરથી મળેલ ઝેનર ડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ $V_Z = \ldots$ V

સાવચેતીઓ

(1) જોડાણ તારના છેડાઓને કાચપેપર ઘસી યોગ્ય રીતે સાફ કરવા જોઈએ.

(2) વોલ્ટમીટર અને માઇક્રોએમીટરનાં શૂન્ય અવલોકનો યોગ્ય રીતે ચેક કરવા જોઈએ.

ચર્ચા

(1) આદર્શ રીતે, બ્રેકડાઉન પછી પ્રવાહ I_r અનંત રીતે મોટો બને છે. શું તમારા કિસ્સામાં આવું થયું છે ? જો ના થયું હોય તો, તમે જાણ્યું કે પ્રવાહ અચાનક વધ્યો છે પણ અનંત નથી થયો તો તેનું કારણ વિચારો. શું પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ કે પરિપથના કોઈ બીજા સંપર્ક અવરોધ આ કિસ્સામાં ભાગ ભજવે છે ?

(2) વિદ્યુત-ઘટકોની પુસ્તિકા (manual)માંથી ઝેનર ડાયોડના બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજની નોંધ કરો જે કોઈપણ પરિપથમાં જુદા-જુદા વોલ્ટેજ તરીકે લઈ શકાય.

(3) ઝેનર ડાયોડ વોલ્ટેજ નિયમનમાં શું ભાગ ભજવે છે તે ચર્ચો.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) ઝેનર ડાયોડનો સિદ્ધાંત શું છે ?

(2) રિવર્સ પ્રવાહ કેવી રીતે મેળવી શકાય ?

(3) ઝેનર બ્રેકડાઉને શું થાય ?

(4) આંતરિક ક્ષેત્ર ઉત્સર્જનનો અર્થ શું થાય ?

(5) તમે ઝેનર ડાયોડનો વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર (નિયામક) તરીકે કેવી રીતે ઉપયોગ કરી શકો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) જુદા કોડ નંબરના ઝેનર ડાયોડનો ઉપયોગ કરી પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. શું તમે તેમના રિવર્સ બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજનો કોઈ ફેરફાર અવલોક્યો ?

પ્રયોગ 18

હેતુ

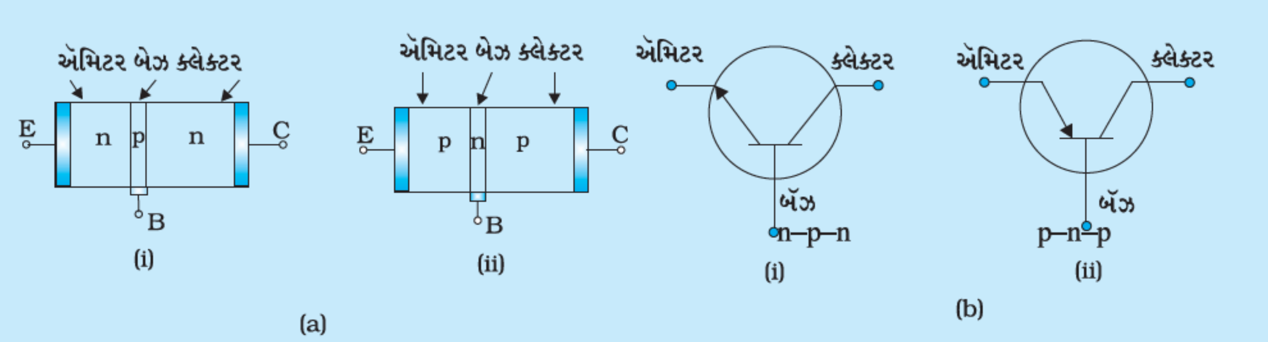
કૉમન ઍમિટર n–p–n (અથવા p–n–p) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની લાક્ષણિકતાનો અભ્યાસ કરવો તથા વોલ્ટેજ અને પ્રવાહ લબ્ધિ (ગેઇન)નાં મૂલ્યો શોધવા.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ટ્રાન્ઝિસ્ટર (BC 147 OR BC 177 or AC 128), માઇક્રોએમીટર (0 – 100 μA), મિલિએમીટર (0 – 20 mA), ઊંચા અવરોધ વાળા બે રીઓસ્ટેટ, 100 kΩનો કાર્બન અવરોધ, બે dc પાવર સપ્લાય જે ઇનપુટને (0 – 3V)નો વોલ્ટેજ આપે તથા આઉટપુટને (0 – 15 V)નો વોલ્ટેજ આપે, બે એકમાર્ગી કળ (One-way key) અને જોડાણ માટેના તાર

સિદ્ધાંત

Ge કે Siનો બનેલ n–p–n ટ્રાન્ઝિસ્ટર જેમાં બે n–પ્રકારના સ્તરોની વચ્ચે p-પ્રકારનું પાતળું સ્તર હોય. p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં બે p–પ્રકારના સ્તરોની વચ્ચે n–પ્રકારનું પાતળું સ્તર હોય. તેમની રેખાકૃતિ અને પરિપથ સંજ્ઞા આકૃતિ E 18.1 (a) અને E 18.1 (b) પ્રમાણે છે.



આકૃતિ E 18.1 (a) n-p-n અને p-n-p ટ્રાન્ઝિસ્ટરની રેખાકૃતિઓ (b) તેમની પરિપથ સંજ્ઞાઓ

ટ્રાન્ઝિસ્ટરના મધ્ય ભાગને બેઝ કહે છે, જે પાતળો અને ઓછી અશુદ્ધિ ઉમેરેલ (ડોપિંગ) હોય છે. ઍમિટર મધ્યમ પરિમાણવાળો અને વધારે અશુદ્ધિ ઉમેરેલ (ડોપિંગ) હોય છે. કલેક્ટર મધ્યમ અશુદ્ધિ

ઉમેરેલ (ડોપિંગ) તથા ઍમિટર કરતા સાઇઝમાં મોટો હોય છે. જ્યારે ટ્રાન્ઝિસ્ટરને પરિપથમાં જોડવામાં આવે ત્યારે, કોઈ પણ એક છેડાને ઇનપુટ અને આઉટપુટ વચ્ચે કૉમન (સામાન્ય) બનાવવામાં આવે છે. આમ, ત્રણ પરિપથ સંરચના શક્ય બને છે. :

(i) કૉમન ઍમિટર (CE) જોડાણ

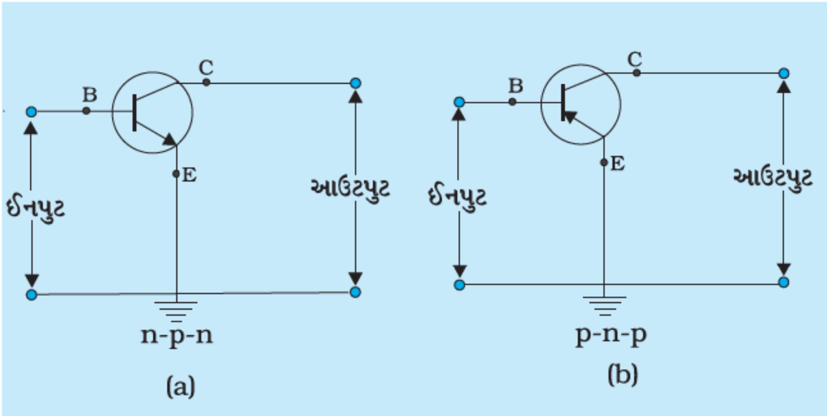
(ii) કૉમન બેઝ (CB) જોડાણ

(iii) કૉમન કલેક્ટર (CC) જોડાણ

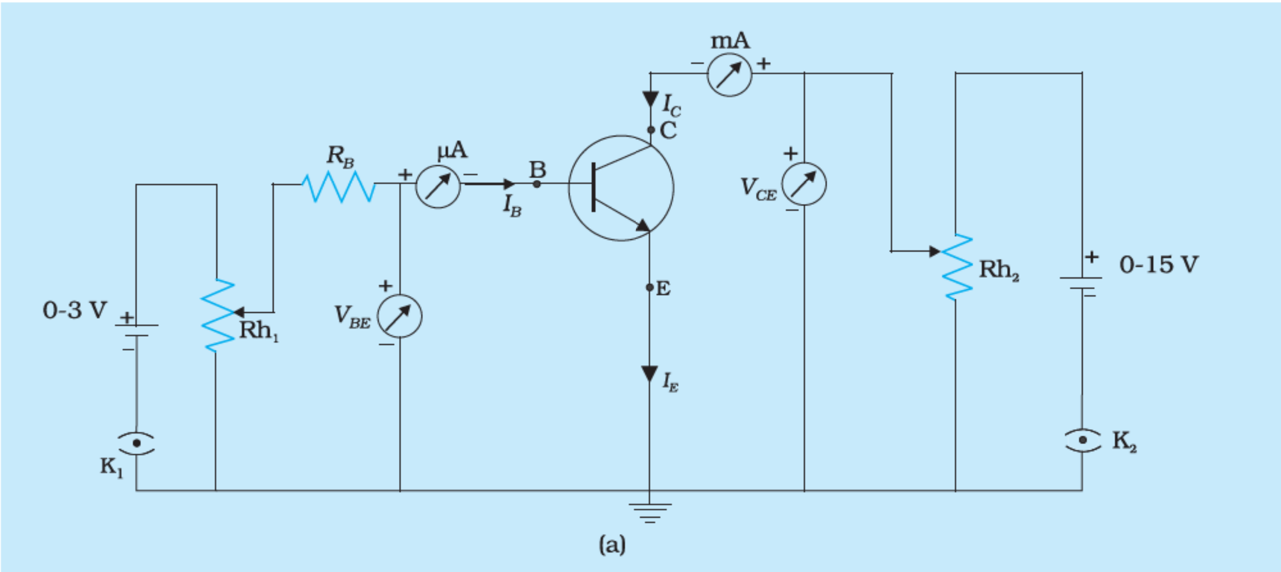
CE જોડાણ

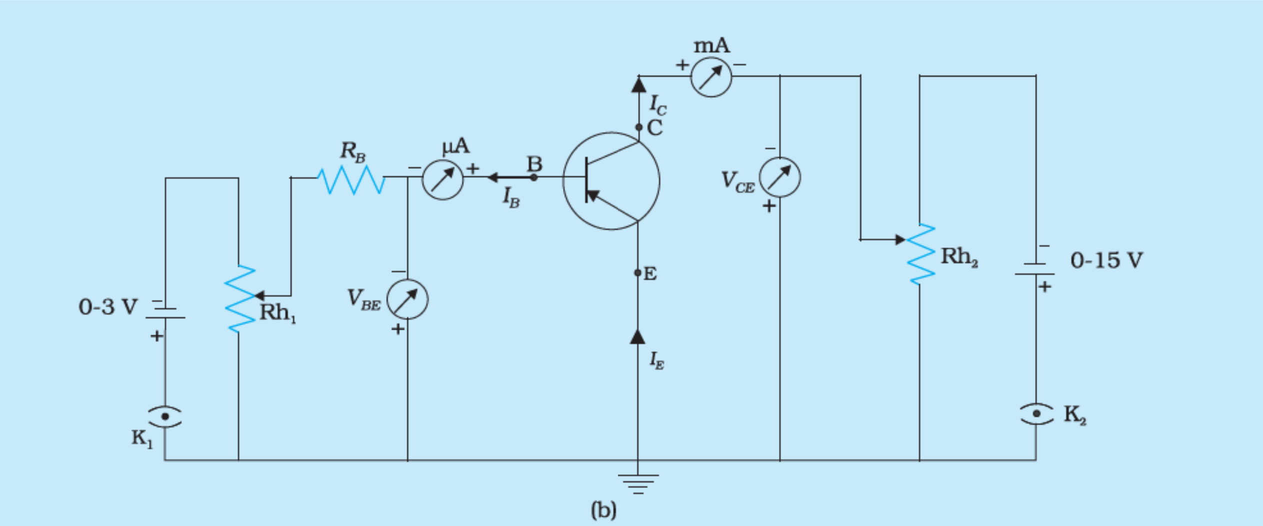
જ્યારે ટ્રાન્ઝિસ્ટરને CE જોડાણ માટે વાપરવામાં આવે ત્યારે આકૃતિ E 18.2 (a), (b) મુજબ બેઝ અને ઍમિટરના છેડાઓની વચ્ચે ઇનપુટ આપવામાં આવે છે તથા કલેક્ટર અને ઍમિટરના છેડાઓની વચ્ચેથી આઉટપુટ લેવામાં આવે છે.

જ્યારે ઍમિટરને સામાન્ય છેડા તરીકે ગ્રાઉન્ડેડ કરીએ, બેઝને ઇનપુટ છેડા તરીકે અને કલેક્ટરને આઉટપુટ છેડા તરીકે લઈએ ત્યારે ટ્રાન્ઝિસ્ટરની મળતી લાક્ષણિકતાઓને કોમન ઍમિટર લાક્ષણિકતાઓ કહે છે.



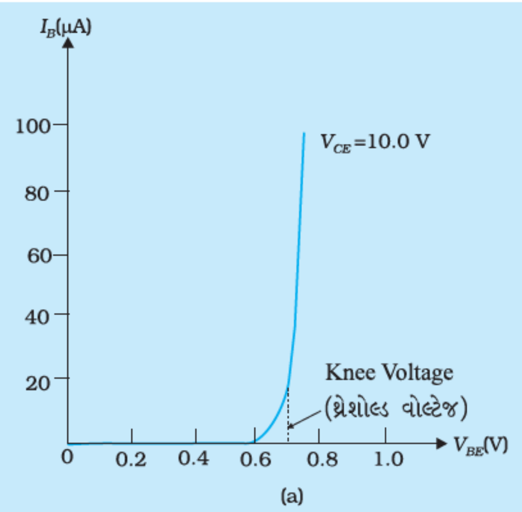
આકૃતિ E 18.2 *(a) n – p – n ટ્રાન્ઝિસ્ટર (b) p – n – p ટ્રાન્ઝિસ્ટરના CE જોડાણમાં બેઝ અને ઍમિટરના છેડાઓની વચ્ચે ઈનપુટ આપવામાં આવે છે તથા કલેક્ટર અને ઍમિટરના છેડાઓની વચ્ચે આઉટપુટ લેવામાં આવે છે.*





આકૃતિ E 18.3 (a) n – p – n ટ્રાન્ઝિસ્ટર (b) p – n – p ટ્રાન્ઝિસ્ટર ના CE જોડાણમાં લાક્ષણિક્તાઓના અભ્યાસ માટેનો જોડાણ

આકૃતિ 18.3 (a) અને (b) અનુક્રમે n–p– n અને p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે કૉમન ઍમિટર લાક્ષણિકતાઓના અભ્યાસનો પરિપથ દર્શાવે છે. કૉમન ઍમિટર લાક્ષણિકતાઓના ત્રણ પ્રકાર છે :



આકૃતિ E 18.4(a) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની CE રૂપરેખાની વિશેષ ઈનપુટ લાક્ષણિક્તાઓ

(I) ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ

અચળ આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} માટે ઈનપુટ પ્રવાહ I_Bનો ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_{BE} સાથેના ફેરફારને ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ કહે છે. જ્યારે ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_{BE} Knee Voltage કરતાં ઓછો હોય ત્યારે પ્રવાહ નાનો હોય છે, તેના પછી પ્રવાહ I_B વધે છે. (આકૃતિ E 18.4 (a)) આમ, અચળ કલેક્ટર-ઍમિટર વોલ્ટેજ (V_{CE}) એ બેઝ-ઍમિટર વોલ્ટેજનો ફેરફાર (ΔV_{BE}) અને પરિણામી બેઝ પ્રવાહના ફેરફાર (ΔI_B)ના ગુણોત્તરને ઈનપુટ અવરોધ (r_i) કહે છે. તેને ઈનપુટ લાક્ષણિકતા વક્રના નિશ્ચિત બિંદુએ લીધેલા ઢાળના વ્યસ્ત તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય. આમ,

$$r_i = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE} = \text{અચળ}} \qquad (E\ 18.1)$$

r_i નું મૂલ્ય 100 Ω ના ક્રમનું હોય છે.

(II) આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ

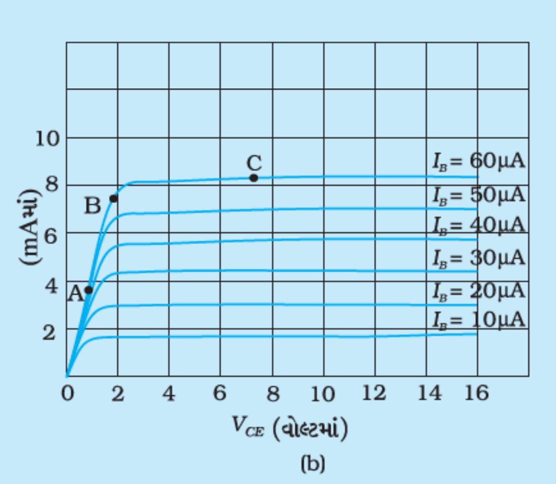
ઈનપુટ પ્રવાહ (I_B)ના જુદાં-જુદાં મૂલ્ય માટે, આઉટપુટ ક્લેક્ટર પ્રવાહ (I_C)નો આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} સાથે થતો ફેરફાર આઉટપુટ લાક્ષણિકતા છે. (આકૃતિ E 18.4 (b))

આપેલા આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} માટે જેમ ઈનપુટ પ્રવાહ I_B વધુ તેમ આઉટપુટ પ્રવાહ I_C વધુ.

અચળ બેઝ પ્રવાહ (I_B) માટે ક્લેક્ટર-ઍમિટર વોલ્ટેજ (ΔV_{CE}) અને ક્લેક્ટર પ્રવાહના ફેરફાર (ΔI_C)ના ગુણોત્તરને આઉટપુર અવરોધ (r_o) કહે છે. વધારામાં, આઉટપુટ લાક્ષણિકતાના વક્રના નિશ્ચિત બિંદુએ લીધેલા ઢાળના વ્યસ્ત વડે પણ તેને વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે. આમ,

(E 18.2)
$$r_o = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B} = \text{અચળ}$$

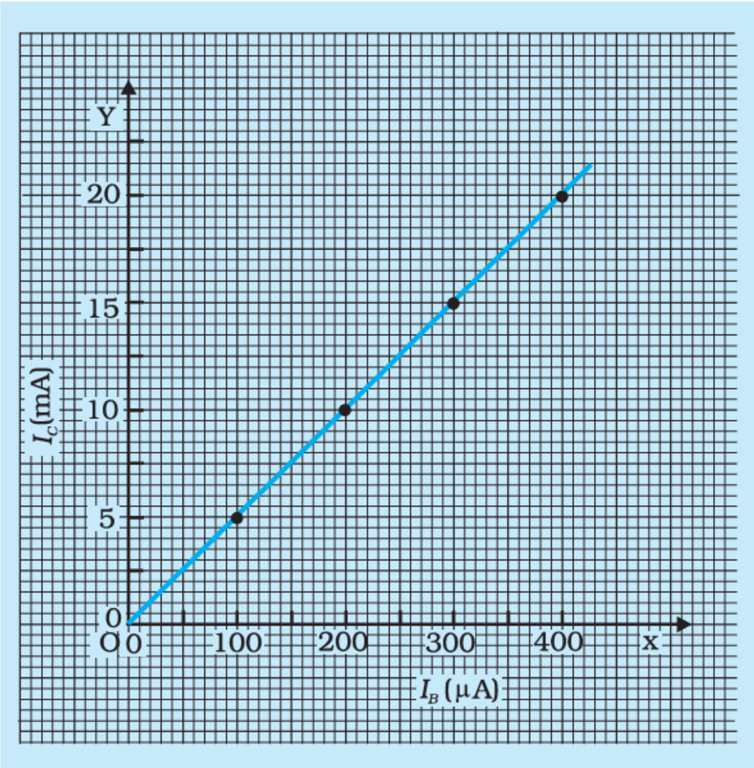
r_o નું મૂલ્ય 50 થી 100 kΩના ક્રમનું હોય છે.



આકૃતિ E 18.4 (b) *CE* જોડાણ માટે ટ્રાન્ઝિસ્ટરની વિશેષ આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ

(III) ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ

અચળ આઉટપુટ વોલ્ટેજ (V_{CE}) એ, ઈનપુટ બેઝ પ્રવાહ (I_B) સાથે આઉટપુટ ક્લેક્ટર પ્રવાહ (I_C)ના



આકૃતિ E 18.4 (C) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની *CE* જોડાણ માટે વિશેષ ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ

ફેરફારને ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ કહે છે. (આકૃતિ E 18.4 (c)) અચળ કલેક્ટર-ઍમિટર વોલ્ટેજે, કલેક્ટર પ્રવાહના ફેરફાર (ΔI_C) અને બેઝ પ્રવાહના ફેરફાર (ΔI_B)ના ગુણોત્તરને પ્રવાહ-લબ્ધિ (ગેઈન) β કહે છે.

(E 18.3)

$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE} = \text{અચળ}}$$

તેને ફોરવર્ડ પ્રવાહ ગેઈન પણ કહે છે.

વોલ્ટેજ ગેઈન : ઍમિટર-બેઝમાં આપેલા નાના વોલ્ટેજના ફેરફાર ΔV_iને અનુરૂપ કલેક્ટર પાસે આઉટપુટ વોલ્ટેજનો ફેરફાર ΔV_o હોય તો, વોલ્ટેજ ગેઈન,

(E 18.4)

$$A_V = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\;\frac{r_o}{r_i} \quad ; A_V = \beta\frac{r_o}{r_i}$$

પદ્ધતિ

(1) પ્રથમ આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર n-p-n છે કે p-n-p છે તે ચકાસો.

(2) આકૃતિ E 18.3માં દર્શાવ્યા મુજબ પરિપથ જોડો. (નોંધો કે બેઝ-ઍમિટર જંક્શન ફોરવર્ડ બાયસમાં જ્યારે કલેક્ટર-બેઝ જંક્શન રિવર્સ બાયસમાં છે. દા.ત., n-p-n ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં બેઝને ઍમિટરની સાપેક્ષે ધન(+Ve) વોલ્ટેજ આપ્યા છે અને કલેક્ટરને પણ ઍમિટરની સાપેક્ષે ઊંચો ધન વોલ્ટેજ આપ્યો છે.

(3) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ મેળવવા, કલેક્ટર-ઍમિટર વોલ્ટેજ (V_{CE})ને નિશ્ચિત (અચળ) રાખો. પ્રથમ $V_{CE} = 0$ V ગોઠવો અને બેઝ-ઍમિટર વોલ્ટેજ V_{BE}ને 0.1 Vના તબક્કામાં બદલતા જાવ. V_{BE}ના દરેક મૂલ્ય માટે બેઝ પ્રવાહ (I_B) નોંધો.

(4) V_{CE} ના ત્રણ જુદા-જુદા નિશ્ચિત(અચળ) મૂલ્ય રાખી પદ-3 ને પુનરાવર્તિત કરો. તમે નોંધશો કે થોડાં ઘણાં અવલોકનો માટે I_B શૂન્ય રહેશે, એટલે કે જ્યાં સુધી સિલિકોન ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે V_{BE} = 0.6 થી 0.7 V અને જર્મેનિયમ ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે 0.2 V થી 0.3 Vના આવે ત્યાં સુધી, તે ધીરે-ધીરે વધે છે અને ત્યાર પછી ઝડપથી વધે છે, જ્યાં સુધી I_B માઇક્રોએમીટરની મહત્તમ અવધિ (રેન્જ)ના 90 % સુધી ના પહોંચે.

(5) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ મેળવવા, બેઝ-પ્રવાહ I_B ને 10 μA રાખો.

V_{CE} = 0 V રાખી કલેક્ટર પ્રવાહ I_C નું મુલ્ય નોંધો.

હવે, V_{CE}નાં મૂલ્યો ખૂબ કાળજીપૂર્વક નાના તબક્કાઓમાં વધારો અને તેને સંલગ્ન I_Cનાં મૂલ્યો નોંધો. (શરૂઆતમાં I_Cનું મૂલ્ય ખૂબ ઝડપથી વધે છે અને પછી ધીમેથી વધી લગભગ અચળ બને છે.(આકૃતિ E18.4(b)) અગાઉ નોંધ્યું તે પ્રમાણે I_B અચળ રહેવું જોઈએ.

(6) I_Bનાં ત્રણ જુદા-જુદા મૂલ્યો માટે પદ-5 પુનરાવર્તિત કરો. જેમકે 20 μA, 30 μA, 40 μA. તમે નોંધશો કે જેમ I_B વધે છે, તેમ I_C પણ વધે છે.

અવલોકન

(1) ઇનપુટ પરિપથમાં વાપરેલા વોલ્ટમીટરની અવધિ (Range) = ... V to ... V

(2) ઇનપુટ પરિપથમાં વાપરેલા વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(3) આઉટપુટ પરિપથમાં વાપરેલા વોલ્ટમીટરની અવધિ = ... V થી ... V.

(4) આઉટપુટ પરિપથમાં વાપરેલા વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(5) ઇનપુટ પરિપથમાં વાપરેલા માઇક્રોએમીટરની અવધિ = ... μA થી ... μA

(6) ઇનપુટ પરિપથમાં વાપરેલાં માઇક્રોએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... μA

(7) આઉટપુટ પરિપથમાં વાપરેલા મિલિએમીટરની અવધિ = ... mA થી ... mA

(8) આઉટપુટ પરિપથમાં વાપરેલા મિલિએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

(9) વાપરેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો પ્રકાર = ...

કોષ્ટક E 18.1 : અચળ V_{CE} માટે ઇનપુટ વોલ્ટેજ V_{BE} સાથે ઇનપુટ પ્રવાહ I_Bનો ફેરફાર

ક્રમ	ઇનપુટ વોલ્ટેજ	ઇનપુટ પ્રવાહ I_B (μA)			
	V_{BE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V
1					
2					
--					
5					

કોષ્ટક E 18.2 : અચળ I_B માટે આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} સાથે આઉટપુટ પ્રવાહ I_Cનો ફેરફાર

ક્રમ	આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE}	આઉટપુટ પ્રવાહ I_C (mA)			
	V_{CE} = ... V	I_B = ... μA	I_B = ... μA	I_B = ... μA	I_B = ... μA
1					
2					
--					
5					

ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ માટે કોષ્ટક E 18.2નો ઉપયોગ કરી અચળ V_{CE} માટે, જુદા-જુદા I_Bનાં મૂલ્યોને અનુરૂપ I_C નાં મૂલ્યો નોંધો.

કોષ્ટક E 18.3 : અચળ V_{CE} માટે ઈનપુટ પ્રવાહ (I_B) સાથે આઉટપુટ પ્રવાહ (I_C)નો ફેરફાર

ક્રમ	ઈનપુટ પ્રવાહ	આઉટપુટ પ્રવાહ I_C (mA)			
	I_B = ... μA	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V
1					
2					
--					
5					

આલેખ દોરવો

(i) ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ માટે V_{CE}ના નિશ્ચિત મૂલ્ય માટે, ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_{BE} અને ઈનપુટ પ્રવાહ I_B વચ્ચેનો આલેખ દોરો. V_{BE}ને X–અક્ષ પર અને I_Bને Y-અક્ષ પર લો. (કોષ્ટક E 18.1નાં અવલોકનો પરથી)

(ii) V_{BE} વિરુદ્ધ I_Bના આલેખની પ્રકૃતિ ચર્ચો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

(iii) આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ માટે I_Bના નિશ્ચિત મૂલ્ય માટે, આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} અને આઉટપુટ પ્રવાહ I_C વચ્ચેનો આલેખ દોરો. V_{CE}ને X-અક્ષ પર અને I_Cને Y–અક્ષ પર લો તથા કોષ્ટક E. 18.2નાં અવલોકનોનો ઉપયોગ કરો.

(iv) V_{CE} વિરુદ્ધ I_C ના આલેખની પ્રકૃતિ ચર્ચો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

(v) ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ માટે V_{CE}ના નિશ્ચિત મૂલ્ય માટે ઈનપુટ પ્રવાહ I_B અને આઉટપુટ-પ્રવાહ I_C વચ્ચેનો આલેખ દોરો. I_Bને X-અક્ષ પર અને I_Cને Y-અક્ષ પર લો તથા કોષ્ટક E 18.3નાં અવલોકનોનો ઉપયોગ કરો.

(vi) I_C વિરુદ્ધ I_Bના આલેખની પ્રકૃતિ ચર્ચો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

ગણતરીઓ

(i) ઈનપુટ લાક્ષણિકતાના જે ભાગમાં ઝડપી વધારો થતો હોય તેના કોઈ એક બિંદુએ સ્પર્શક દોરો. (આકૃતિ 18.4 (a)) અને તે પરથી વક્રના તે બિંદુએ ઢાળનો વ્યસ્ત શોધો. જે ટ્રાન્ઝિસ્ટરના ડાયનેમિક (ક્રિયાશીલ) ઈનપુટ અવરોધ આપે છે.

$$r_i = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)$$

V_{CE} = અચળ

(ii) આઉટપુટ લાક્ષણિકતાના વક્ર પર સ્પર્શકો દોરો (રેખીય રીતે વધતા ભાગ A પર, ટર્નિંગ (વળાંકવાળા) બિંદુ (B) પર અને લગભગ સમક્ષિતિજ ભાગ C પર) (આકૃતિ E 18.4 (b)).

આ ઢાળના વ્યસ્ત માપો જે સંચાલન બિંદુઓ A, B અને C (આકૃતિ E 18.4 (b)) પાસે ડાયનેમિક (ક્રિયાશીલ) આઉટપુટ અવરોધ આપે છે.

$$r_o = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B = \text{ અચળ}}$$

નોંધો કે ક્રિયાશીલ (ડાયનેમિક) આઉટપુટ અવરોધ સંચાલન (operating) બિંદુ પર આધાર રાખે છે.

(iii) પ્રવાહ ગેઇન (β) મેળવવા માટે ટ્રાન્ઝિસ્ટરની ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ પર ઢાળ શોધો.

$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE} = \text{ અચળ}}$$

(iv) ઈનપુટ અવરોધ r_i, આઉટપુટ અવરોધ r_o અને પ્રવાહ ગેઇન βનાં મૂલ્યો લઈ, નીચેના સંબંધનો ઉપયોગ કરી ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો વોલ્ટેજ ગેઇન A_V શોધો.

$$A_V = \beta\left(\frac{r_o}{r_i}\right)$$

પરિણામ

આપેલા ટ્રાન્ઝિસ્ટરના કૉમન ઍમિટર (CE) જોડાણ માટે,

(1) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની લાક્ષણિકતાઓ દોરેલા આલેખમાં દર્શાવ્યા મુજબ છે.

(2) V_{CE} = ... V પર ઈનપુટ અવરોધ = ... Ω

(3) V_{BE} = ... V પર આઉટપુટ અવરોધ = ... Ω

(4) પ્રવાહ ગેઇન, β = ...

(5) વોલ્ટેજ ગેઇન, A_V = ...

સાવધાનીઓ

(i) n-p-n કે p-n-p પ્રમાણે આપેલા ટ્રાન્ઝિસ્ટરનું જોડાણ કરવું.

(ii) પરીપથ વપરાશમાં ન હોય ત્યારે કળ ખુલ્લી રાખી પરિપથને બ્રેક કરવો.

ચર્ચા

(1) જો આપણે n–p–n ના સ્થાને p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટર વાપરીએ તો લાક્ષણિક વક્રોમાં શું કોઈ ફેરફાર હોય ?

(2) ઈનપુટ પરિપથ ફોરવર્ડ બાયસમાં અને આઉટપુટ પરિપથ રિવર્સ બાયસમાં શા માટે રાખવા જોઈએ ?

(3) આઉટપુટ લાક્ષણિક વક્રના જુદા-જુદા વિભાગ માટે તમે જોયું કે ક્રિયાશીલ (ડાયનેમિક) આઉટપુટ અવરોધ જુદા-જુદા હોય છે. આ પરથી તમે શું અનુમાન કરો છો ?

(4) જો તમે 200 Ωના ઈનપુટ અવરોધને ઈનપુટમાં વાપરો તો લાક્ષણિક વક્રોને CE ટ્રાન્ઝિસ્ટરની ડાયનેમિક (ક્રિયાશીલ) ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ કહે છે. પરિપથમાં વપરાતા અવરોધનો મુખ્ય આશય પ્રવાહનું નિયમન કરી, ઉષ્મીય વ્યય અથવા ટ્રાન્ઝિસ્ટરને થતા નુકસાનને ટાળવા (અટકાવવા)નું છે. જો પરિપથમાં અવરોધ જોડ્યા વગર પ્રયોગ કરવામાં આવે, તો લાક્ષણિકતાના વક્રોને સ્થિત ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ અને સ્થિત આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ કહે છે. સ્થિત લાક્ષણિકતાઓ મેળવતી વખતે વધારાની કાળજી એ રાખવાની છે કે, સ્વીકાર્ય સીમાની ઉપર ખૂબ મોટા પ્રવાહના વહનથી ટ્રાન્ઝિસ્ટરને નુકસાન ના થાય.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) ક્રિયાશીલ (ડાઈનેમિક) ઈનપુટ અવરોધનો અર્થ શું થાય ? અને શા માટે તેને ક્રિયાશીલ (ડાઈનેમિક) કહે છે ?

(2) CE જોડાણ (પરિપથ) માટે, $I_B = 0$ હોવા છતાં I_C કટ-ઑફ થતો નથી. CE મોડમાં કટ-ઑફ વોલ્ટેજ નક્કી કરવા, I_Cને તમે શૂન્ય કેવી રીતે કરશો ?

(3) $V_{CE} > V_{BE}$ માટે CE પરિપથમાં (રૂપરેખામાં) શું I_C, V_{CE} થી લગભગ સ્વતંત્ર છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

n–p–n ટ્રાન્ઝિસ્ટરને કૉમન બેઝ જોડાણમાં જોડો. લાક્ષણિક વક્રો દોરો. CB અને CE જોડાણો માટે ઈનપુટ અને આઉટપુટ લાક્ષણિકતાના વક્રોની સરખામણી કરો. r_i અને r_o પણ શોધો.

પ્રવૃત્તિઓ
ACTIVITIES

પ્રવૃત્તિ 1

હેતુ

આપેલા વિદ્યુત-પરિપથનાં ઘટકો નું જોડાણ કરવું.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

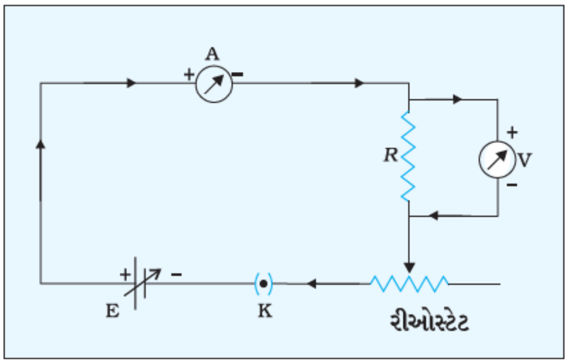
અવરોધ, એમીટર (0 – 1.5A), વોલ્ટમીટર (0 – 5V), બૅટરી, કી (એકમાર્ગી કળ), રીઓસ્ટેટ, કાચપેપર, જોડાણ માટેના તાર.

પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ A 1.1 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઘટકો જોડો.

(2) કળ બંધ કર્યા પછી જુઓ કે વોલ્ટમીટર અને એમીટર જમણી બાજુ આવર્તન દર્શાવે છે.

(3) એકત્રિત પરિપથનું સાતત્ય મલ્ટિમીટર વડે ચકાસો. (પ્રવૃત્તિ 4 જુઓ.)



આકૃતિ A 1.1 આપેલાં ઘટકોનું જોડાણ

પરિણામ

વિદ્યુત-પરિપથનાં ઘટકોનું એકત્રીકરણ કર્યું.

સાવચેતીઓ

(1) બૅટરીના ધન છેડાને એમીટર અને વોલ્ટમીટરના ધન છેડા સાથે જોડવો જોઈએ.

(2) એમીટરને અવરોધ સાથે શ્રેણીમાં અને વોલ્ટમીટરને અવરોધ સાથે સમાંતરમાં જોડવું જોઈએ.

(3) જોડાણ તારના છેડાઓ અને ઘટકના છેડાઓને સાફ કરવા માટે કાચપેપરનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. તેમની સપાટીઓ પર લાગેલા ગ્રીસ/ઑઈલ કે ઓક્સાઈડના પડ અવાહક પ્રકૃતિ

ધરાવતા હોવાથી તેમને દુર કરવા જોઈએ. જોકે પ્લગ કે કળોને કાચ પેપરથી સાફ ન કરશો. કાચપેપરના વધારે પડતા ઉપયોગથી કળ પ્લગમાં બરાબર બેસતી નથી.

ચર્ચા

(1) તમે સાધનોનું જોડાણ શરૂ કરો તે પહેલાં પ્રયોગ માટેની પરિપથ આકૃતિ (સર્કિટ ડાયાગ્રામ) દોરો અને તમારી સમક્ષ રાખો.

(2) રીઓસ્ટેટ પર લગાડેલી પ્લેટ પર અવરોધની કિંમત અને તેના પ્રવાહ-વહનની ક્ષમતા આપેલી હોય છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) તમે કોષના emf નો અર્થ શું કરશો?

(2) કોષમાંથી (વિદ્યુતકોષમાંથી) વહેતો પ્રવાહ અચળ રહે ? જો ના તો શા માટે ?

(3) પરિપથમાં એમીટરને હંમેશાં કેમ શ્રેણીમાં જ જોડાય છે ?

(4) હંમેશા જે ઘટકનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન માપવાનું હોય તેને સમાંતર જ વોલ્ટમીટર જોડવામાં આવે છે. શા માટે?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) વર્ગખંડમાં તમારે જે ભણવાના છે, તેવા જુદા-જુદા પ્રકારના પરિપથ દોરો. તેમાં સંકળાયેલ ઘટકોનો ઉપયોગ કરી તેમનું જોડાણ કરો. દા.ત.

(i) મીટરબ્રિજના ઉપયોગથી અજ્ઞાત અવરોધનું મૂલ્ય માપવા માટેનો પરિપથ.

(ii) પોટૅન્શિયોમીટરની મદદથી આપેલા બે વિદ્યુતકોષોના emf ની સરખામણીનો પરિપથ.

(2) રીઓસ્ટેટની જુદી-જુદી ગોઠવણી માટે વોલ્ટમીટર અને એમીટરનાં અવલોકનો માપો અને ચકાસો કે અવરોધના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત અને તેમાંથી વહેતા પ્રવાહનો ગુણોત્તર અચળ છે કે નહિં.

(3) બે અવરોધોને શ્રેણી અથવા સમાંતરમાં જોડીને પરિપથને સંશોધિત (modify) કરો.

પ્રવૃત્તિ 2

હેતુ

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.

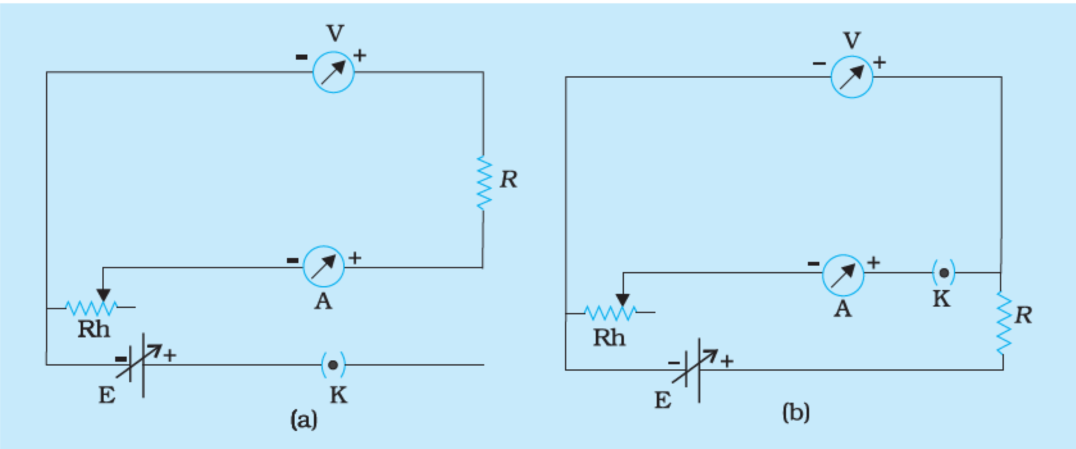
જરૂરી સાધન-સામગ્રી

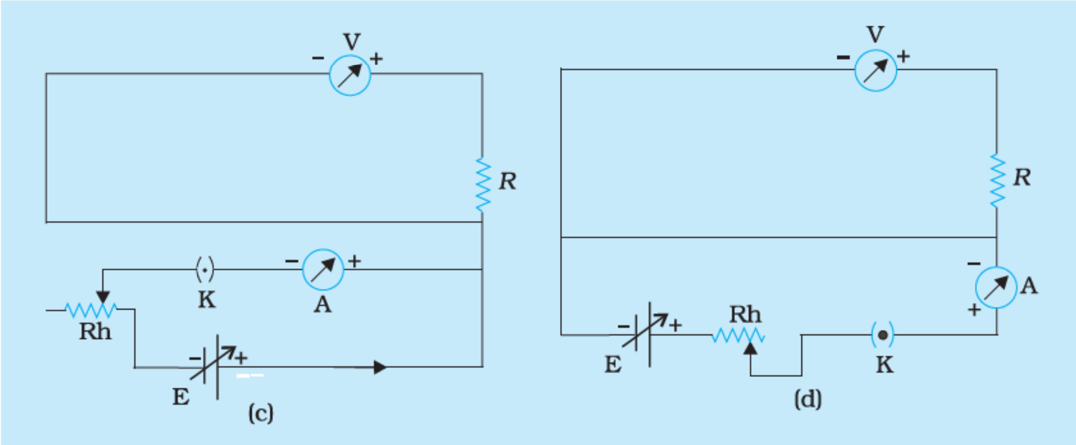
આપેલ ખુલ્લો પરિપથ કે જેમાં ઓછામાં ઓછો એક વિદ્યુતકોષ અથવા બૅટરી, પ્લગ કળ, અવરોધ, રીઓસ્ટેટ, એમીટર, વોલ્ટમીટર, જોડાણના તાર અને કાચપેપર.

સિદ્ધાંત

પરિપથનાં બધાં જ ઘટકો / સાધનો કાર્યરત સ્થિતિમાં છે અને કળ બંધ છે તેમ ધારતા જો વિદ્યુતપરિપથનાં બધાં જ ઘટકો યોગ્ય રીતે જોડાણમાં હશે તો જ તે કાર્યરત થશે.

ખુલ્લો પરિપથ એટલે, પરિપથના કોઈ ભાગનું તુટવું કે જે ઇરાદાપૂર્વક પણ હોઈ શકે, જેમકે કળની ખુલ્લી સ્થિતિ અથવા કોઈ ખામી જેમકે કોઈ તાર તૂટી ગયો હોય, અથવા કોઈ ઘટક કે ઘટકો બળી ગયાં હોય અથવા ઢીલું જોડાણ હોય. આવી કેટલીક પરિપથ આકૃતિઓ A 2.1 (a), (b), (c) અને (d)માં આપેલી છે.





આકૃતિ A 2.1 (a), (b), (c), (d) ખુલ્લાં પરિપથો

જેમાં પરિપથનાં અમૂક ઘટકો જેવા કે કળ, એમીટર, વોલ્ટમીટર, અવરોધ, રીઓસ્ટેટ વગેરેનો સમાવેશ થાય. આપેલો પરિપથ દોર્યા પછી, વિદ્યાર્થીઓએ જે ઘટકો બરાબર ક્રમમાં ન જોડ્યાં હોય તેની નોંધ કરવાની છે. પછી સુધારેલ પરિપથ દોરી અને તેજ પ્રમાણે પરિપથના ઘટકોને યોગ્ય ક્રમમાં જોડવાં.

તેથી શિક્ષકોને સલાહ છે કે, થોડાંક ખુલ્લાં પરિપથો ગોઠવવાં કે જેનાં કેટલાંક ઘટકો યોગ્ય ક્રમમાં જોડેલાં ન હોય.

પદ્ધતિ

(1) તમારા શિક્ષક દ્વારા આપવામાં આવેલાં પરિપથોની આકૃતિ નોટબુકમાં દોરો. [આકૃતિ A 2.1 (a), (b), (c) અને (d)]

(2) એક પરિપથને ધ્યાનમાં લઈ, તેમાં યોગ્ય ક્રમમાં ન જોડેલા હોય તેવા વિવિધ ઘટકોની નોંધ કોષ્ટક A 2.1 માં કરો.

(3) સુધારેલા વિદ્યુત પરિપથની આકૃતિ દોરો.

(4) સુધારેલા વિદ્યુત પરિપથ મુજબ વિદ્યુત-ઘટકોને જોડો.

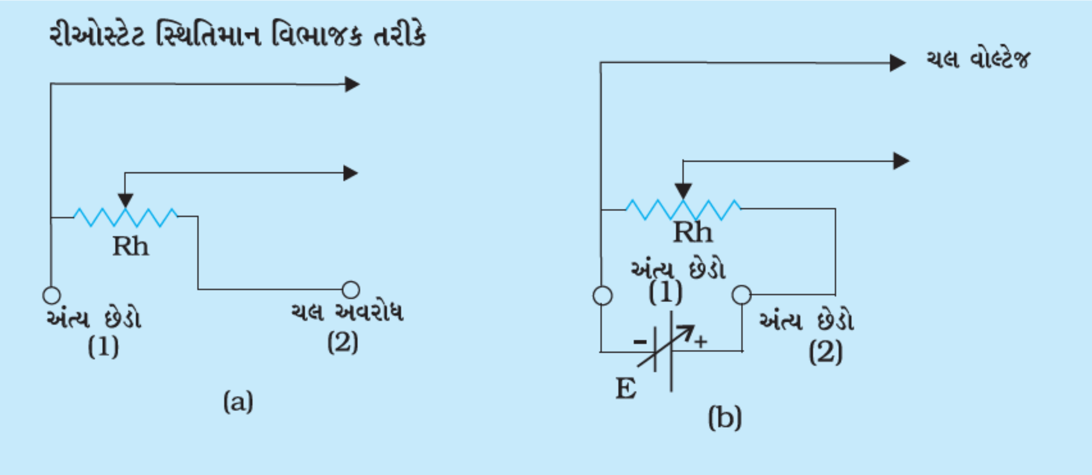
(5) કળ બંધ કરી સુધારેલો પરિપથ કાર્યરત છે કે નહિ તે ચકાસો.

નોંધ : રીઓસ્ટેટનો ઉપયોગ ચલ અવરોધ અને વિદ્યુતસ્થિતિમાન વિભાજક બંને તરીકે કરી શકાય.

રીઓસ્ટેટ ચલ અવરોધ તરીકે :

(1) આકૃતિ A 2.2 (a) આપેલ, રીઓસ્ટેટને ચલ અવરોધ તરીકે દર્શાવતો પરિપથ દોરો.

(2) રીઓસ્ટેટના એક અંત્ય છેડા અને બીજા ચલ છેડાને નીચે દોર્યા મુજબ જોડો.



આકૃતિ A 2.2 (a) રીઓસ્ટેટ ચલ અવરોધ તરીકે
(b) રીઓસ્ટેટ ચલિત વોલ્ટેજ આપતા સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકે

(1) આકૃતિ A 2.2 (b)માં દર્શાવ્યા મુજબ રીઓસ્ટેટનો સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકે ઉપયોગ દર્શાવતો પરિપથ દોરો.

(2) રીઓસ્ટેટના છેડાઓને ઉપર દોર્યા પ્રમાણે જોડો.

(i) અંતિમ છેડાઓ (1) અને (2)ને ઇનપુટ સ્થિતિમાન (બૅટરી) સાથે અને

(ii) એક અંતિમ છેડો અને બીજા ચલિત છેડાને ચલિત વોલ્ટેજ માટે.

અવલોકનો

કોષ્ટક A 2.1 : આપેલ કૉલમમાં યોગ્ય (✓) નિશાન કરો

ક્રમ	પરિપથનો ઘટક	સાચું જોડાણ	ખોટું જોડાણ
1	બૅટરી / વિદ્યુતકોષ		
2	અવરોધ		
3	રીઓસ્ટેટ		
4	કળ		
5	એમીટર		
6	વોલ્ટમીટર		

પરિણામ

સાચી પરિપથ આકૃતિ મુજબ એકત્રિત કરેલો વિદ્યુત-પરિપથ કાર્યરત છે.

સાવચેતીઓ

(1) જોડાણ કરતાં પહેલાં જોડાણ તારના છેડાઓ કાચપેપર વડે સાફ કરવા જોઈએ.

(2) બૅટરીનો ધન છેડો, એમીટર અને વોલ્ટમીટરના ધન છેડા સાથે જોડવો જોઈએ.

(3) એમીટર અવરોધ સાથે શ્રેણીમાં અને વોલ્ટમીટર અવરોધ સાથે સમાંતરમાં જોડવું જોઈએ.

ચર્ચા

(1) (a) રીઓસ્ટેટને શ્રેણીમાં ચલિત અવરોધ તરીકે વાપરી શકાય. આ કિસ્સામાં, અંતિમ છેડો (1) અને બીજો ચલિત છેડો વાપરી શકાય. (આકૃતિ A 2.2 (a)).

(b) જ્યારે રીઓસ્ટેટને વિદ્યુતકોષ સાથે સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકે વાપરીએ ત્યારે તેના એક અંતિમ છેડા અને બીજા ચલિત છેડાની મદદથી ચલિત વોલ્ટેજ મેળવી શકાય. (આકૃતિ A 2.2 (b)).

ચર્ચાના મુદ્દાઓ 1(a) અને 1 (b) કેવી રીતે શક્ય બને તે યોગ્ય ઠેરવો.

(2) કળને ખુલ્લી રાખવી પડે જેથી ઘટકોને નુકસાન ના થાય.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) પરિપથમાંના દરેક ઘટકના કાર્યનું અર્થઘટન કરો.

(2) (i) મહત્તમ અવરોધ (ii) લઘુત્તમ અવરોધ માટેના સરકતા સંપર્કના સ્થાનને દર્શાવતા રીઓસ્ટેટની ચલિત અવરોધ તરીકેની પરિપથ આકૃતિ દોરો.

(3) વિદ્યુત-પરિપથની ગોઠવણીમાં કાચપેપરનું કાર્ય શું છે ?

(4) રીઓસ્ટેટ અને અવરોધપેટી સર્કિટ (પરિપથ)માં રહેલ અવરોધને બદલી શકે છે છતાં પણ તેમનાં કાર્યો જુદાં-જુદાં છે. ચર્ચા કરો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) રીઓસ્ટેટનો સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકેનો ઉપયોગ કરતી સર્કિટ ડાયાગ્રામ (પરિપથ આકૃતિ) દોરો. વાસ્તવિક જોડાણો બનાવો અને તેના દ્વારા મળતી વોલ્ટેજ અવધિ (Range) નક્કી કરો.

(2) પ્રયોગશાળામાં ઉપલબ્ધ જુદા-જુદા પ્રકારની કળનો અભ્યાસ કરો. વિદ્યુત-પરિપથમાં તેમના કાર્યો ઓળખો.

(3) પ્રયોગશાળામાં ઉપલબ્ધ જુદા-જુદા પ્રકારના અવરોધોનો વિસ્તૃત અભ્યાસ કરો. (કાર્બન અવરોધ, તાર વીંટાળેલ અવરોધપેટી)

(4) ઘર-વપરાશના પરિપથમાં અને પ્રયોગશાળામાં વપરાતાં જોડાણ તારની સરખામણી કરો.

(5) પ્રયોગશાળામાં જુદા-જુદા બૅટરી એલિમિનેટરો અને dc સ્રોતો (કોષ, બૅટરીઓ)નો અભ્યાસ કરો. કારની બૅટરીની સરખામણીમાં તેઓ કેવી રીતે જુદા પડે છે ?

પ્રવૃત્તિ 3

હેતુ

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

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

ઇન્ડક્ટર કૉઇલ (જેનો વ્યાસ લગભગ 2 cm અને આંટાની સંખ્યા 2000 હોય), નરમ લોખંડનો ગર્ભ (નળાકારીય સળિયો જેનો વ્યાસ 1.75 cm અને લંબાઈ ઇન્ડક્ટર જેટલી હોય), અવરોધપેટી (0 થી 10,000 Ω), બૅટરી એલિમિનેટર (0–2–4–6 વોલ્ટ), ટેપિંગ (વોલ્ટેજના જુદાજુદા જોડાણઅગ્રો) સાથેનું સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર (0–2–4–6 વોલ્ટ, 50 Hz), dc મિલિએમીટર (0–500 mA ની રેન્જવાળું), ac મિલિએમીટર (0–500 mAની રેન્જવાળું), dc વોલ્ટમીટર (0–5Vની રેન્જવાળું), ac વોલ્ટમીટર (0 – 5Vની રેન્જવાળું), એકમાર્ગીય કળ, જોડાણ માટેના તાર.

સિદ્ધાંત

પોલા નળાકાર પર તાંબાના તારના ઘણા બધા આંટા વીંટાળીને તૈયાર કરેલ નળાકારીય ગૂંચળું (Coil) એટલે ઈન્ડક્ટર. આવા ગૂંચળાનો અવરોધ, $R = \frac{V}{I}$ (A 3.1)

જ્યાં V એ કૉઇલના બે છેડા વચ્ચેનો સ્થિતિમાનનો તફાવત અને I એ કૉઇલમાંથી પસાર થતો dc પ્રવાહ છે. જ્યારે ગૂંચળામાં નરમ લોખંડને ગર્ભ તરીકે મૂકવામાં આવે ત્યારે ગૂંચળા માટે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત V′ અને પ્રવાહ I′ મળે છે જો લોખંડના ગર્ભ (core) સહિત ગૂંચળાનો અવરોધ,

$$R' = \frac{V'}{I'}$$ (A 3.2)

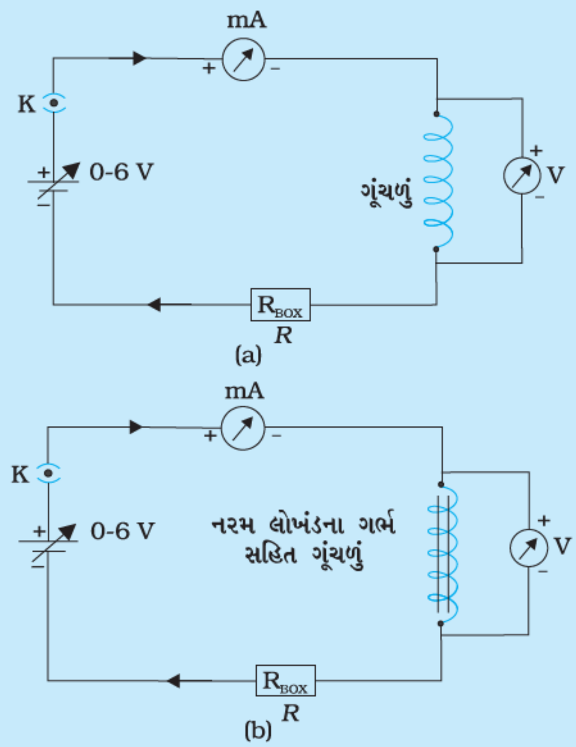
ac પ્રવાહના વહન દરમ્યાન ગૂંચળાના અવરોધ ને ઇમ્પિડન્સ Z કહે છે. લોખંડના ગર્ભ વગર ગૂંચળામાંથી પસાર થતો પ્રત્યાવર્તી વોલ્ટેજ (alternating voltage) અને પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ (alternating current) અનુક્રમે V_{ac} અને I_{ac} છે. ગૂંચળાનો ઇમ્પિડન્સ,

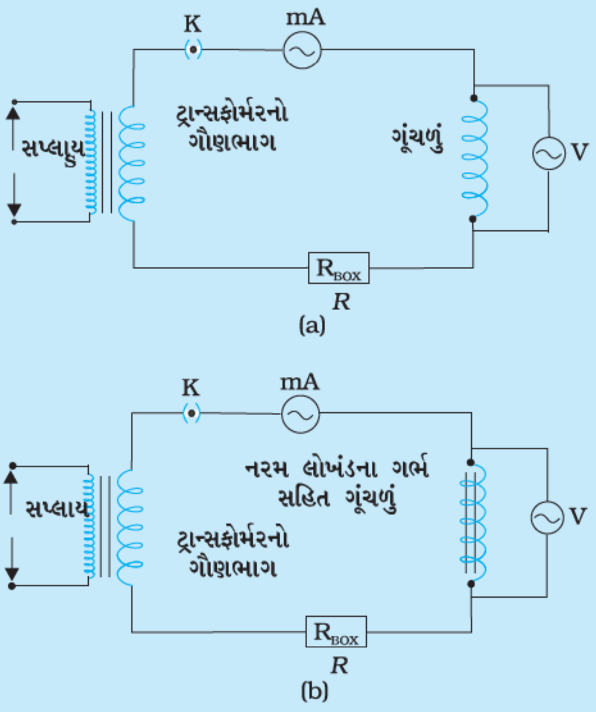
(A 3.3) $$Z = \frac{V_{ac}}{I_{ac}}$$ વડે અપાય છે.

હવે, લોખંડના ગર્ભને ગૂંચળાની અંદર મૂકતાં, ઈમ્પિડન્સનું મૂલ્ય Z' બને છે.

(A 3.4) $$Z' = \frac{V'_{ac}}{I'_{ac}}$$

જ્યાં V'_{ac} અને I'_{ac} એ લોખંડના ગર્ભને મૂક્યા પછી ઈન્ડક્ટર માટે અનુક્રમે પ્રત્યાવર્તી વોલ્ટેજ અને પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ છે.





આકૃતિ A 3.1 *(a) : dc પરિપથમાં ઈન્ડક્ટર : (a) હવાનું ગર્ભ (b) નરમ લોખંડનું ગર્ભ ધરાવતા અવરોધનું માપન*

આકૃતિ A 3.2 *ac પરિપથમાં ઈન્ડક્ટર: (a) હવાનું ગર્ભ (b) નરમ લોખંડનું ગર્ભ ધરાવતા ઈમ્પિડન્સનું માપન*