ગુજરાત રાજ્યના શિક્ષણ વિભાગના પત્ર-ક્રમાંક
મશબ/1218/275/છ, તા.14/03/2018

પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકા

ભૌતિકવિજ્ઞાન

ધોરણ XI

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', સૅક્ટર 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 લિખિત પરવાનગી વગર પ્રકાશિત કરી શકાશે નહિ.

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

સમીક્ષા
શ્રી કે. ડી. પટેલ
શ્રી મયુર એમ. રાવલ
શ્રી એ. જી. મોમીન
શ્રી આશિષ પી. પટેલ
ડૉ. રજની એચ. જોષી
કુ. જ્યોતી એલ. દેસાઈ

ભાષાશુદ્ધિ
ડૉ. મોના આર. દવે

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

નિર્માણ-આયોજન
શ્રી હરેન પી. 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 દિલ્હી દ્વારા પ્રકાશિત **ધોરણ XI 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 ત્રિદિવસીય કાર્યશિબીરનું આયોજન કરવામાં આવ્યું અને પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાને અંતિમ સ્વરૂપ આપવામાં આવ્યું. જેમાં, ડૉ. એસ. કે. મકવાણા (RIE, ભોપાલ), ડૉ. કલ્પના મસ્કી (RIE, ભોપાલ), ડૉ. પી. એન. ગજ્જર, ડૉ. એન. કે ભટ્ટ, ડૉ. જી. એમ. સુતરિયા અને શ્રી પી. એમ. પટેલ ઉપસ્થિત રહી પોતાના કીમતી સૂચનો અને માર્ગદર્શન પૂરા પાડ્યા છે.

પ્રસ્તુત પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાને રસપ્રદ, ઉપયોગી અને ક્ષતિરહિત બનાવવા માટે માન.અગ્રસચિવશ્રી (શિક્ષણ) દ્વારા અંગત રસ લઈને જરૂરી માર્ગદર્શન આપવામાં આવ્યું છે. મંડળ દ્વારા પૂરતી કાળજી લેવામાં આવી છે, તેમ છતાં શિક્ષણમાં રસ ધરાવનાર વ્યક્તિઓ પાસેથી ગુણવત્તા વધારે તેવાં સૂચનો આવકાર્ય છે.

NCERT, નવી દિલ્હીના સહકાર બદલ તેમના આભારી છીએ.

પી. ભારતી (IAS)

નિયામક	કાર્યવાહક પ્રમુખ
તા. 04-11-2019	ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2018, પુનઃમુદ્રણ : 2019, 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 XI. 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.

21.5.08

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

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 XI* published by NCERT in 2006 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 XI 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 the 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 discussions 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 Prof. B.K. Sharma and other team members who contributed and helped in finalising this manuscript. I also acknowledge with thanks the dedicated efforts of Sri R. Joshi who looked after the coordinatorship after superannuation of Professor B.K. Sharma in June, 2008.

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

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

Gagan Gupta, *Reader*, DESM, NCERT, New Delhi

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

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

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

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

MEMBER-COORDINATORS

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

R. Joshi, *Lecturer (S.G.)*, 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 XI. The Council also acknowledges the valuable contributions of the following academics for the reviewing, refining and editing the manuscript of this manual : A.K. Das, *PGT*, St. Xavier's Senior Secondary School, Raj Niwas Marg, 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 Vidyalaya, 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*, R.P.V.V., 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, *Reader*, Regional Institute of Education (NCERT), Bhopal; Maneesha Pachori, 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, 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, *Lecturer (Senior Scale)*, 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 Multipurpose 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 (Science)*, Kendriya Vidyalaya Sangathan, 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, Smt. Parvatibai Chowgule College, Margo, Goa; Y.K. Vijay, 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; Dr. K. T. Chitralekha, *Copy Editor*; Abhimanu Mohanty, *Proof Reader*. The efforts of the Publication Department are also highly appreciated.

અનુક્રમણિકા

ભૌતિકવિજ્ઞાન પ્રાયોગિક કાર્યના મહત્ત્વના કૌશલ્યોનો પરિચય

1.1.1 પરિચય 1

1.1.2 પ્રાયોગિક કાર્યના હેતુઓ 2

1.1.3 પ્રાયોગિક કાર્યના વિશિષ્ટ હેતુઓ 4

1.1.4 પ્રાયોગિક ત્રુટિઓ 5

1.1.5 લઘુગણક 10

1.1.6 ત્રિકોણમિતિય વિધેય sine અને cosine ટેબલ 14

1.1.7 આલેખ દોરવા 14

1.1.8 પ્રયોગ કરવા માટેની સામાન્ય સૂચનાઓ 19

1.1.9 પ્રાયોગિક બુક (રેકોર્ડ બુક)માં અવલોકન નોંધવા માટેની સામાન્ય સૂચનાઓ. 20

પ્રયોગો

E 1 વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરી 23

(i) નાના ગોળાકાર અથવા નળાકાર પદાર્થનો વ્યાસ માપવો.

(ii) જ્ઞાત દ્રવ્યમાન ધરાવતા નિયમિત આકારના પદાર્થના પરિમાણોનું માપન કરી તેની ઘનતા શોધવી.

(iii) બીકર/ગ્લાસ/કેલોરીમીટર જેવા આપેલ નળાકારીય પદાર્થ માટે આંતરિક વ્યાસ અને ઊંડાઈ માપવી અને તેની મદદથી તેનું કદ ગણવું.

E 2 સ્ક્રૂ ગેજનો ઉપયોગ કરી 33

(a) આપેલ તારનો વ્યાસ માપવો.

(b) આપેલ પતરાની જાડાઈ માપવી.

(c) અનિયમિત સીટ (લેમીના)નું કદ નક્કી કરવું.

E 3 સ્ફેરોમીટરનો ઉપયોગ કરી આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરવી. 42

E 4 બીમ બેલેન્સનો ઉપયોગ કરી બે જુદા જુદા પદાર્થના દ્રવ્યમાન માપવા. 48

E 5 સદિશ સરવાળા માટેના સમાંતરબાજુ ચતુષ્કોણના નિયમની મદદથી આપેલા પદાર્થ (લાકડાના બ્લૉક)નું વજન માપવું. 55

E 6 સાદા લોલક ની મદદથી L – T અને L – T^2ના આલેખ દોરો અને યોગ્ય આલેખનો ઉપયોગ કરી સેકન્ડ લોલકની અસરકારક લંબાઈ શોધવી. 60

E 7 સીમાંત ઘર્ષણ અને લંબ પ્રતિક્રિયાબળ વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ કરવો તથા ગતિ કરતા પદાર્થની સપાટી અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચેનો ઘર્ષણાંક શોધવો. 68

E 8	ઢાળની સપાટી પર રહેલા રોલર પર ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે અધોદિશામાં લાગતું બળ શોધવું અને ઢાળના ખૂણાનો તેની સાથેના સંબંધનો અભ્યાસ, બળ અને sin θના આલેખની મદદથી કરવો.	74
E 9	સર્લના સાધનની મદદથી આપેલા તારના દ્રવ્યનો યંગ મૉડ્યુલસ નક્કી કરવો.	78
E 10	દોલનોની રીતનો ઉપયોગ કરી હેલીકલ સ્પ્રિંગ માટે $T^2 - m$નો આલેખ દોરી તેનો બળ અચળાંક અને અસરકારક દ્રવ્યમાન શોધવું.	83
E 11	નિયત તાપમાને નિશ્ચિત હવાના જથ્થા માટે દબાણ (P) સાથે કદ (V)માં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ P અને V તથા P અને $\frac{1}{V}$ ના આલેખની મદદથી કરવો.	89
E 12	કેશાકર્ષણની રીતથી પાણીનું પૃષ્ઠતાણ શોધવું.	95
E 13	આપેલા પ્રવાહીમાં ગોળાકાર પદાર્થના ટર્મિનલ (અંતિમ) વેગ માપી તે પ્રવાહીનો શ્યાનતા ગુણાંક નક્કી કરવો	99
E 14	ગરમ પદાર્થના તાપમાન અને સમય વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ શીતન વક્ર (cooling curve) દોરીને કરવો.	104
E 15	(i) અચળ તણાવની અસર હેઠળ આપેલા સોનોમીટરના તારની આવૃત્તિ અને લંબાઈ વચ્ચેના સંબંધ નો અભ્યાસ કરવો. (ii) અચળ આવૃત્તિએ આપેલા તારની લંબાઈ અને તણાવ વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ સોનોમીટરની મદદથી કરવો.	109
E 16	અનુનાદ નળીનો ઉપયોગ કરી ઓરડાના તાપમાને હવામાં ધ્વનિનો વેગ નક્કી કરવો.	114
E 17	મિશ્રણની પદ્ધતિથી આપેલા (i) ઘન અને (ii) પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા-ક્ષમતા નક્કી કરવી.	119

પ્રવૃત્તિ

A1	(a) 0.2 cm અને (b) 0.5 cm લઘુત્તમ માપ વાળી પેપરનો માપક્રમ(Scale) બનાવવો.	125
A2	ચાકમાત્રાના સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ કરી મીટરપટ્ટી વડે આપેલ પદાર્થનું દ્રવ્યમાન નક્કી કરવું.	128
A3	યોગ્ય પ્રમાણમાપ પસંદ કરીને આપેલી માહિતીના સમૂહનો આલેખ દોરવો અને સાધનની ચોક્કસાઈના કારણે મળતા ત્રુટિના સ્તંભ દર્શાવવા.	132
A4	સમક્ષિતિજ સપાટી પર રોલર (લાકડાના બ્લોક) માટે સીમાંત રોલીંગ ઘર્ષણબળ શોધવું.	137
A5	પ્રક્ષિપ્ત કોણ બદલવાથી પાણીની ધારની (jet of water) અવધિમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરવો.	140
A6	ઢોળાવવાળા સમતલ પરથી ગબડતા દડા માટે ઊર્જા સંરક્ષણનો અભ્યાસ કરવો. (બે ઢોળાવવાળા સમતલનો ઉપયોગ કરી.)	144
A7	સમય સાથે સાદા લોલકની ઊર્જાના વ્યયનો અભ્યાસ કરવો.	148
A8	પીગળેલા મીણ માટે અવસ્થાનો ફેરફારનો અભ્યાસ કરી, શીત-વક્ર દોરવા	152
A9	દ્વિ-ધાત્વીય (bi-metallic) પટ્ટી પર તાપમાનની અસરનું અવલોકન કરવું અને સમજાવવું.	155

A10 પાત્રમાં રહેલા પ્રવાહીની સપાટીની ઊંચાઈ (level) પર તાપમાનની અસરનો અભ્યાસ કરવો અને અવલોકનોનું અર્થઘટન કરવું. 158

A11 પાણીના પૃષ્ઠતાણ પર ડીટર્જન્ટની અસરનો અભ્યાસ કેશાકર્ષણની મદદથી કરવો. 160

A12 પ્રવાહી વડે ગુમાવાતી ઉષ્માના દર પર અસર કરતાં પરિબળોનો અભ્યાસ કરવો. 163

A13 જડીત કરેલી માપપટ્ટી (cantilever) પર (i) અંત્યભાગમાં (ii) મધ્યભાગમાં વજન લટકાવવાથી થતા વંકનની અસરનો અભ્યાસ કરવો. 167

પ્રોજેક્ટ

P1 સાદા લોલકની ઊર્જાનું સંરક્ષણ થાય છે કે કેમ તે તપાસવું. 173

P2 મીટરપટ્ટીનો પટ્ટીલોલક (bar pendulum) તરીકે ઉપયોગ કરી તેના દ્રવ્યમાનકેન્દ્રને અનુલક્ષીને ચક્રાવર્તનની ત્રિજ્યા શોધવી. 181

P3 અચળ બળની અસર હેઠળ પદાર્થના વેગમાં થતો ફેરફાર તપાસવો અને તેનો પ્રવેગ શોધવો. 186

P4 જુદા જુદા પદાર્થોની ઉષ્મીય અવાહક તરીકેની અસરકારકતાની સરખામણી કરવી. 190

P5 જુદા જુદા દ્રવ્યોની ધ્વનિશોષક તરીકેની અસરકારકતાની સરખામણી કરવી. 193

P6 રબરના જુદા જુદા નમુનાની સ્થિતિસ્થાપકતાના યંગ મૉડ્યુલસની સરખામણી કરવી અને તેમના સ્થિતિસ્થાપક હિસ્ટેરીસીસ વક્રોની સરખામણી કરવી. 197

P7 દ્વિપરિમાણમાં બે ગોળાના સંઘાતનો અભ્યાસ કરવો. 200

P8 ફોર્ટીનના બૅરોમીટરનો અભ્યાસ કરવો અને તેના વડે વાતાવરણનું દબાણ માપવું. 204

P9 સર્પિલ (helical) સ્પ્રિંગ નીચે લટકાવેલા વજન વિરુદ્ધ લંબાઈમાં થતા વધારાનો આલેખ દોરવો અને તે આલેખ પરથી સ્પ્રિંગ અચળાંકનો અભ્યાસ કરવો. 208

P10 વિકિરણના ઉત્સર્જન અને શોષણ પર સપાટીની પ્રકૃતિની અસરનો અભ્યાસ કરવો. 213

P11 0.2 લોલકની મદદથી ઊર્જા સંરક્ષણનો અભ્યાસ કરવો. 216

નિદર્શનો

D1 સુરેખ પથ પર નિયમિત ગતિનું નિદર્શન કરવું. 219

D2 ઢોળાવવાળા રસ્તા પર દડાની ગતિનું નિદર્શન કરવું. 223

D3 વર્તુળાકાર પથ પર અચળ વેગથી ગતિ કરવા માટે કેન્દ્રગામી બળ જરૂરી હોય છે અને આ બળનું મૂલ્ય કોણીય વેગના વધારા સાથે વધે છે તેવું નિદર્શન કરવું. 224

D4 કેન્દ્રત્યાગી સિદ્ધાંતનું નિદર્શન કરવું. 226

D5 સ્થિતિઊર્જા અને ગતિઊર્જાના આંતરપરિવર્તન (પરસ્પર રૂપાંતરણ)નું નિદર્શન કરવું. 227

D6 વેગમાનના સંરક્ષણનું નિદર્શન કરવું. 228

D7 પ્રક્ષિપ્તકોણની પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિ પરની અસરનું નિદર્શન કરવું. 229

D8 સળિયા પર લગાવેલ બે સમાન વજનના સ્થાનના ફેરફાર સાથે સળિયાની જડત્વની ચાકમાત્રામાં ફેરફારનું નિદર્શન કરવું. 230

D9 કાચની બે પટ્ટીઓ વચ્ચે ફાચર (Wedge) આકારની જગ્યામાં કેશાકર્ષણના આકારનું નિદર્શન કરવું. 232

D10 વરાળને ઠારીને મળતા અંશતઃ શૂન્યાવકાશમાં વાતાવરણના દબાણની અસરનું નિદર્શન કરવું. 233

D11 ડૉક્ટરની સીરીંજનો ઉપયોગ કરી અચળ તાપમાને વાયુના દબાણ સાથે તેના કદમાં થતા ફેરફારોનું નિદર્શન કરવું. 235

D12 સાદા ઉદાહરણની મદદથી બર્નુલીના પ્રમેયનું નિદર્શન કરવું. 237

D13 ગરમ કરવાથી ધાતુના તારમાં થતાં વિસ્તરણનું નિદર્શન કરવું. 240

D14 સમાન દ્રવ્યમાનવાળા ઍલ્યુમિનિયમ, લોખંડ, તાંબા અને બીડની ઉષ્માધારિતા અસમાન હોય તેવું નિદર્શન કરવું. 241

D15 જુદા જુદા દોલકતંત્રોના મુક્ત દોલનોનું નિદર્શન કરવું. 243

D16 યુગ્મીત દોલકોના સેટના અનુનાદનું નિદર્શન કરવું. 247

D17 માધ્યમના અવરોધના કારણે લોલકના અવમંદનનું નિદર્શન કરવું. 248

D18 લંબગત અને સંગત તરંગોનું નિદર્શન કરવું. 249

D19 બે જુદા જુદા માધ્યમોની સીમા પરથી તરંગોના પરાવર્તન અને પ્રસરણનું નિદર્શન કરવું. 251

D20 થોડીક જુદી આવૃત્તિ ધરાવતા બે સ્વરકાંટા વડે ઉત્પન્ન થતા તરંગોના સંપાતપણાને લીધે મળતી સ્પંદની ઘટનાનું નિદર્શન કરવું. 253

D21 સ્પ્રિંગ વડે સ્થિત તરંગોનું નિદર્શન કરવું. 254

પરિશિષ્ટો (A-1થી A-14) 256-263

બાઈબલોગ્રાફી (ગ્રંથસૂચિ, સંદર્ભ ગ્રંથ) 264-265

ડેટા વિભાગ 266-275

I ભૌતિકવિજ્ઞાનના
પ્રાયોગિક કાર્યના મહત્ત્વના કૌશલ્યોનો પરિચય

I 1.1 પરિચય

શાળાકીય અભ્યાસમાં ઉચ્ચતર માધ્યમિક વિભાગ એ ખૂબ જ નિર્ણાયક અને પડકારરૂપ તબક્કો છે, કારણકે આ તબક્કે સામાન્ય રીતે અવિભાજીત અભ્યાસક્રમ શાખા આધારિત વિષયવસ્તુ ક્ષેત્ર અભિગમ્યમાં રૂપાંતરિત થાય છે. આ તબક્કે વિદ્યાર્થીઓ ભૌતિકશાસ્ત્ર ને એક શાખા તરીકે, ભવિષ્યની કારકિર્દીના ઉજ્જવળ હેતુ સાથે મૂળભૂત વિજ્ઞાન અથવા વિજ્ઞાન આધારિત વ્યવસાયિક અભ્યાક્રમો જેવા કે ઍન્જિનિયરીંગ, મેડિકલ, ઈન્ફોર્મેશન ટેક્નોલૉજી વગેરે તરીકે લે છે.

ભૌતિકવિજ્ઞાન દ્રવ્ય અને ઊર્જા સાથે જોડાયેલા નિર્જીવ અને સજીવ વિશ્વના અભ્યાસ સાથે સંકળાયેલ છે. જો કે વિજ્ઞાનની બધી જ શાખાઓમાં પ્રાયોગિક કાર્ય જરૂરી છે. પ્રયોગ શાળામાં નિયંત્રિત પ્રયોગો એ ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં પાયાનું મહત્વ 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 પાસાઓનાં સંશોધનનો પણ સમાવેશ થાય છે. ઘણી પ્રવૃત્તિઓ અને પ્રોજેક્ટ 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 ઈતિહાસ તપાસતાં માલૂમ પડે છે કે ઘણીખરી મહત્વની શોધો પ્રયોગ કરતાં હોય તે દરમિયાન થયેલ છે. ભૌતકવિજ્ઞાનના વિકાસમાં, ઘટનાના સૈદ્ધાતિક અર્થઘટન જેટલી જ અગત્યતા પ્રાયોગિક કાર્યની છે. કોઈ વ્યક્તિ દ્વારા પોતાની જાતે પ્રયોગશાળામાં પ્રયોગ કરવાથી તેનામાં જ્ઞાન પેદા કરવાની પ્રક્રિયામાં સીધો સંકળાયેલ હોય તેવી 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 લખવાના કૌશલ્યોનો પણ વિકાસ થાય છે.

નેશનલ ક્યુરિકુલમ ફ્રેમ વર્ક (NCF-2005) તથા માધ્યમિક તથા 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 - ૧૨ માટે પાઠ્યપુસ્તક પ્રકાશિત કરેલ છે. તેના પૂરકમાં વિભાવનાઓને સમજવા તેમજ 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) ગોઠવીને તથા શાળાકીય કાર્યમાં પ્રયોગ પ્રત્યે પ્રોત્સાહિત કરવાનો છે. શાળાના પ્રાયોગિક કાર્ય દરમ્યાન રહેલા 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 ટેક્નોલોજી અને સમાજની પ્રગતિ માટે કરવામાં આવે છે. ભોતિવિજ્ઞાન પ્રયોગિક કાર્ય 'કંઈક કરીને શીખવાની' ઉક્તિને સાંકળે (સમાવિષ્ટ કરે) 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 ભૌતિક વિજ્ઞાનના અભ્યાસક્રમથી વિદ્યાર્થી મૂળભૂત નિયમો અને સિદ્ધાંતો આધારિત પ્રયોગ કરવા અને જુદા જુદા માપનના સાધનોના ઉપયોગથી અનુભવ મેળવવા સશક્ત 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) કૌશલ્ય

જો અધ્યેતા (શીખનાર) નીચે જણાવેલ બાબતો ધ્યાનમાં લેશે તો તેનામાં પ્રાયોગિક કાર્યમાં ગોઠવણ કૌશલ્યનો 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 કાર્ય પદ્ધતિ અને સિદ્ધાંતની યોગ્યતા ચકાસે.

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

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

(vii) પદ્ધતિસર પ્રયોગ કરે.
(viii) ચોકસાઈપૂર્વક અવલોકન કરે અને નોંધે.
(ix) સૂત્રમાં યોગ્ય માહિતી મૂકે અને યોગ્ય SI એકમો ધ્યાનમાં રાખે.
(x) પરિણામની ચોકસાઈથી ગણતરી કરે અને તેની યોગ્ય સાર્થક અંક સહિતની રજૂઆત કરે અને સાધનની ચોકસાઈના અંશ નક્કી કરે.
(xi) પરિણામનું અર્થઘટન કરે, સિદ્ધાંતને ચકાસે અને તારણ લખે અને
(xii) યોગ્ય સાધન, તંત્ર, યંત્ર, દ્રવ્યની જરૂરી પસંદગી કરીને સાદાં સાધનોમાં સુધારો કરી વધુ સંશોધન માટેના સાધનની રચના કરે.

I 1.2.2 અવલોકનકીય કૌશલ્ય

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

(i) સાધન વિશે વાંચે અને લઘુત્તમ માપને ધ્યાનમાં રાખીને ભૌતિકરાશિનું માપન કરે.
(ii) અવલોકન નોંધતી વખતે સાચો ક્રમબદ્ધ અનુસરે.
(iii) પદ્ધતિસર શૈલીથી સાવચેતીપૂર્વક અવલોકન નોંધે.
(iv) દરેક અવલોકન સ્વતંત્ર રીતે વધારે વખત પુનરાવર્તિત કરવાથી અવલોકનમાં આવતી અમુક ત્રુટિ ઘટાડી શકાય છે.

I 1.2.3 રેખાંકન કૌશલ્ય

જો અધ્યેતા (શીખનાર) નીચે જણાવેલ બાબતો ધ્યાનમાં લેશે તો તેનામાં રેખાંકન કૌશલ્યનો 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.
(iv) યોગ્ય પ્રમાણમાપનો ઉપયોગ કરી સાચો અને યોગ્ય પ્રમાણમાપની પસંદગી સાથે સ્પષ્ટ આલેખ દોરે.

I 1.2.4 અહેવાલ કૌશલ્ય

જો અધ્યેતા (શીખનાર) નીચે જણાવેલ બાબતો ધ્યાનમાં લેશે તો તેનામાં અહેવાલ કૌશલ્યનો 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 પ્રયોગોમાં 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 તેનો સારાંશ

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

(x) કરેલ કામગીરીમાં ભવિષ્યમાં સંશોધનના શોધને 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) યોગ્ય ઝડપ, ચોકસાઈ અને ચીવટતાપૂર્વક ફાળવેલ સમયમાં 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 eના 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 ઉદ્‌ભવે 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 ફેલાવાનું 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 ઉદ્‌ભવવાના 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 સિદ્ધાંતની રીતે તેને દૂર કરી શકાય છે. કેટલીક સામાન્ય વ્યવસ્થિત ત્રુટિઓ. (i) માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂ અને વર્નિયર કેલીપર્સમાં શૂન્ય ત્રુટિ (ii) 'તીવ્ર નકારાત્મક' (backlash) ત્રુટિ. જ્યારે માઈક્રોસ્કોપના સ્ક્રૂને પ્રથમ એક દિશામાં અને પછી મૂળ દિશામાં ફેરવીને અવલોકન લેવામાં આવે ત્યારે નોંધેલ અવલોકન ખરેખર સ્ક્રૂના ફેરવવાથી મળતા અંતર કરતાં ઓછું હોય છે. આ ત્રુટિ નિવારવા સ્ક્રૂને એક જ દિશામાં ફેરવીને અવલોકન નોંધવામાં આવે. (iii) બેન્ચ ત્રુટિ અથવા ઈન્ડેક્સ સુધારાને પ્રકાશીય બેન્ચની માપપટ્ટી પર જ્યારે અંતર માપવામાં આવતો હોય ત્યારે પ્રકાશીય સાધનો વચ્ચે સાચું અંતર મળતું નથી સાચું મૂલ્ય મેળવવા તેનાં તફાવતનો ઉમેરો કે બાદબાકી જરૂરી છે. (iv) જો સંબંધ સુરેખ હોય અને વ્યવસ્થિત ત્રુટિ અચળ રહેતી હોય, ઢાળ અચળ રહે તે રીતે સુરેખ આલેખ ખસે છે. પરંતુ અંતઃખંડ વ્યવસ્થિત ત્રુટિયુક્ત બને છે.

કેટલાક પ્રયોગોના પરિણામોમાં વ્યવસ્થિત ત્રુટિ છે કે નહિ તે શોધવા માટે એક જ ભૌતિક રાશિ જુદી જુદી રીતથી માપવામાં આવે. જો એક જ ભૌતિકરાશિના મૂલ્ય બે જુદી જુદી રીતથી મેળવેલ હોય અને તેમાં ખૂબ મોટો તફાવત હોય, તો તેમાં વ્યવસ્થિત ત્રુટિ હોવાની સંભાવના છે. પ્રાયોગિક મૂલ્ય વ્યવસ્થિત ત્રુટિના સુધારા પછી પણ ત્રુટિ ધરાવે છે. આવી વધેલી (બાકી રહેલી) ત્રુટિઓ કે જેમના ઉદ્‌ગમો 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 ફરીને ફરી (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 વ્યાજબીપણે 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,

$$Z = A \cdot B$$

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

$$= A_0B_0 \ (1 \pm f_a \pm f_b \pm f_a f_b)$$

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

અથવા $Z \approx Z_0 (1 \pm f_z)$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

સ્થિતિસ્થાપકતા અંક, યંગ મૉડ્યુલસ Yનીચેના સૂત્ર દ્વારા ગણી શકાય.

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

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

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

ધારો કે ગુરુત્વપ્રવેગનું મૂલ્ય $g = 9.8\ m\ s^{-2}$ 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,

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

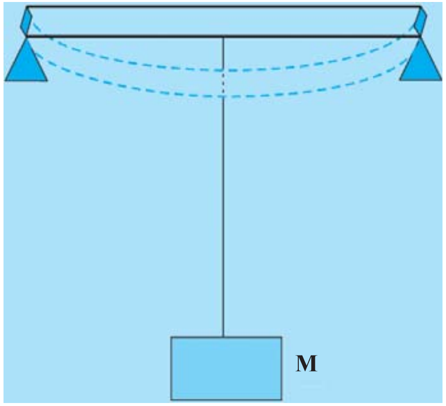
$$= 1 \times \left(1 \times 10^{-3}\right) + 1 \times 0 + 3 \times \left(1 \times 10^{-3}\right) + 1 \times \left(2 \times 10^{-3}\right) + 3 \times \left(5 \times 10^{-3}\right)$$

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

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

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

આથી શક્ય સાપેક્ષ ત્રુટિ (અથવા અચોકસાઈ) $f_Y \times 100 = 0.022 \times 100 = 2.2\ \%$ 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



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

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 અચોકસાઈ (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 અચોકસાઈ $\frac{A}{a}$ 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 મૉડ્યુલસ પ્રસ્તુત ઉદાહરણમાં $Y = 18.2 \times 10^{10}$ N/m^2 (મહેરબાની કરીને આપેલી માહિતીને આધારે Yની ગણતરી કરી આ મૂલ્ય તપાસો) અને ત્રુટિ $\frac{\Delta Y}{Y} = f_Y$

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

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

$$= 0.39 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$ 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 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 ટેબલના સૌથી ડાબી બાજુના સ્તંભમાં કે જેમાં 10 અને 99 વચ્ચેના અંક છે તેમાં શોધવાના અને 10 કરતાં નાની સંખ્યા માટે અપૂર્ણાંશ ભાગ સંખ્યાને 10 વડે ગુણીને 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 (એન્ટીલોગેરિધમ)

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 1 : 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 Natural sine/cosine કોષ્ટક :

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 બોઈલનો 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 પર 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.

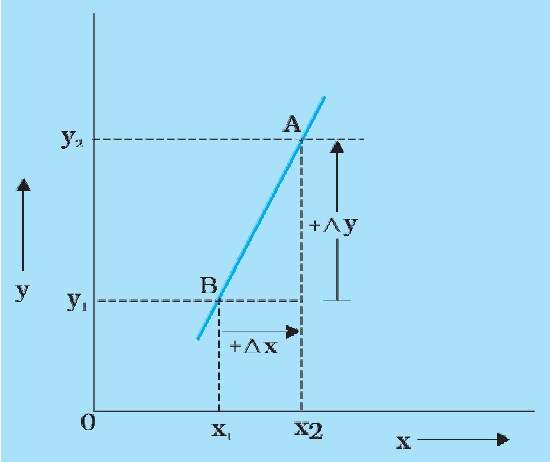
(x) માહિતીનાં બધાં બિંદુઓ મૂકાઈ જાય પછી, રૂઢિગત રીતે હાથથી સરળ વક્ર દોરવો કે જેથી મોટાભાગના બિંદુઓ તેની પર કે તેની નજીક અને બાકીના બધા તેની આજુબાજુ સમાન રીતે વહેંચાઈ જાય. હવેના સમયમાં આપેલ માહિતીનો આલેખ દોરવા કમ્પ્યુટરનો ઉપયોગ થાય છે.

I 1.7.1 સુરેખ આલેખનો ઢાળ :

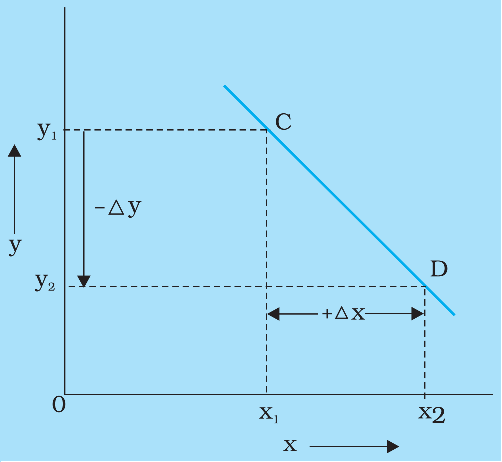
સુરેખ આલેખનો ઢાળ m નીચેની રીતે વ્યાખ્યાયિત થાય છે.

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

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

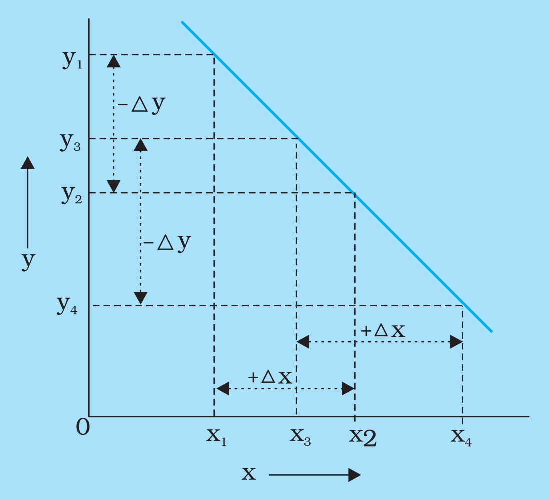


આકૃતિ 1.2 : ઢાળનું મૂલ્ય ધન



આકૃતિ 1.3 : ઢાળનું મૂલ્ય ઋણ

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 1.4 : આપેલ સુરેખા માટે ઢાળ અચળ હોય છે.

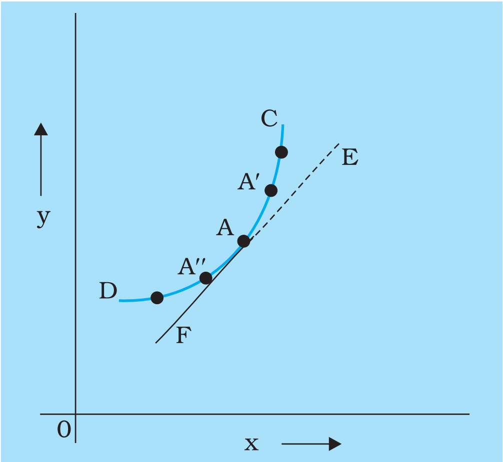
જ્યારે ઢાળની ગણતરી કરતા હોઈએ ત્યારે, X-અક્ષ પરનો ભાગ પૂરતી લંબાઈનો રાખો અને તે ચલની રાઉન્ડ કિંમત રજૂ કરે તેનું ધ્યાન રાખો. તેને અનુરૂપ Y-અક્ષ પરના ચલનો અંતરાલ (ભાગ) માપો અને ઢાળની ગણતરી કરો. સામાન્ય રીતે, ઢાળની કિંમતમાં બેથી વધારે સાર્થક અંક ન હોવા જોઈએ. ઢાળની કિંમત અને તો અક્ષ પરના અંત:ખંડ, જો હોય તો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

ઢાળને tan θ સ્વરૂપે 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 ઈચ્છિત હોય ત્યાં સૂત્રમાં બે ભૌતિકરાશિના ગુણોત્તરને બદલે ઢાળનો ઉપયોગ કરી શકાય.

I 1.7.2 વક્ર આલેખનો આપેલ બિંદુએ ઢાળ :

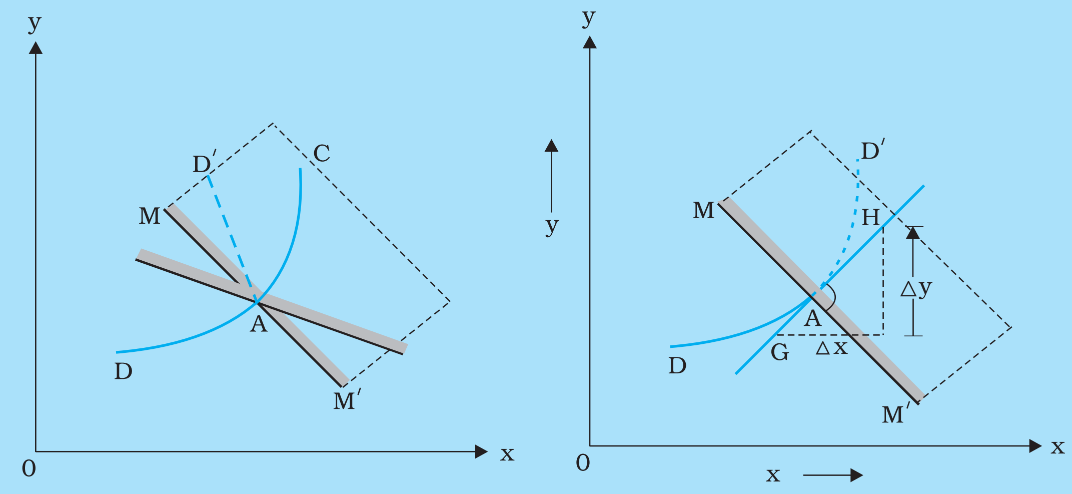
ઉપરના મુદ્દામાં દર્શાવ્યું છે તે મુજબ સુરેખ આલેખનો ઢાળ દરેક બિંદુ પાસે સમાન મૂલ્ય ધરાવે છે. જ્યારે આ બાબત વક્ર માટે સાચી નથી. આકૃતિ I 1.5માં દર્શાવ્યા અનુસાર, વક્ર CDના ઢાળનું મૂલ્યબિંદુ A′, A, A″ વગેરે બિંદુ પાસે જુદુ જુદુ હશે.



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, ઈચ્છિત 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′ ઈચ્છિત બિંદુ A પાસે એવી રીતે મૂકો કે જેથી વક્રના ભાગ DAનું પ્રતિબિંબ D′A અરીસાની પટ્ટીમાં DA સાથે સતત દેખાય. સામાન્ય રીતે, પ્રતિબિંબ D′A વક્રના DA ભાગ સાથે આકૃતિ I 1.6 (a)માં દર્શાવ્યા મુજબ સહેલાઈથી જોડાય તે રીતે દેખાશે નહિ.



આકૃતિ 1.6 (a), (b) **:સમતલ અરીસાનો ઉપયોગ કરી બિંદુ A પાસે સ્પર્શક દોરવો**

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 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. સાધનનુંકોઈ 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, સમાનમૂલ્ય મળે તો પણ, દરેક વખતે અવલોકન ફરીથી લો. વિદ્યાર્થીએ અવલોકન નોંધવા માટેનું ચોક્કસ આયોજન ધ્યાનમાં રાખવું. મોટા ભાગના પ્રયોગમાં અવલોકનો અવલોકન કોઠાના સ્વરૂપમાં હોવા જરૂરી છે.

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

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

(7) પરિમાણ 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 દર્શાવવો.

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 :

વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરી

(i) નાના ગોળાકાર અને નળાકાર પદાર્થનો વ્યાસ માપવો.

(ii) જ્ઞાત દ્રવ્યમાન ધરાવતા નિયમિત પદાર્થના પરિમાણોનું માપન કરી તેની મદદથી તેની ઘનતા શોધવી અને

(iii) બીકર/ગ્લાસ/કેલોરીમીટર જેવા આપેલ નળાકારીય પદાર્થ માટે આંતરિક વ્યાસ અને ઊંડાઈ માપવી અને તેની મદદથી તેનું કદ ગણવું.

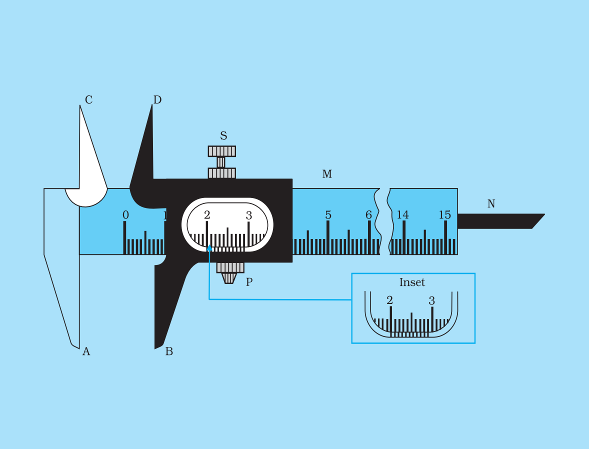
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી :

વર્નિયર કેલીપર્સ, ગોળાકાર પદાર્થ જેવા કે લોલકનો ગોળો અથવા કાચની લખોટી, જ્ઞાત દ્રવ્યમાન ધરાવતો લંબઘન બ્લૉક અને બીકર / ગ્લાસ / કેલોરીમીટર જેવો નળાકારીય પદાર્થ.

માપનના સાધનનું વર્ણન :

1. વર્નિયર કેલીપર્સમાં બે માપપટ્ટી હોય છે. એક મુખ્ય માપપટ્ટી અને બીજી વર્નિયર માપપટ્ટી કે જે મુખ્ય માપપટ્ટી પર સરકી શકે છે. મુખ્ય માપક્રમ અને વર્નિયર માપક્રમ જુદા જુદા મૂલ્યના નાના વિભાગોમાં વિભાજિત થયેલ હોય છે.

મુખ્ય માપપટ્ટી સેમી અને મિમિમાં અંકિત કરેલ હોય છે. તેને બે જડિત ભૂજા, A અને C માપપટ્ટી સાથે કાટખૂણે ગોઠવાયેલ હોય છે. સરકતી વર્નિયર માપપટ્ટીના ભૂજા (B, D) તેને અને મુખ્ય માપપટ્ટી તથા ધાતુની પટ્ટી Nને પણ કાટખૂણે હોય છે. જ્યારે ભૂજા એકબીજાને અડકેલાં હોય, ત્યારે મુખ્ય માપપટ્ટી અને વર્નિયર માપપટ્ટીના શૂન્યો એકબીજા સાથે એકરેખસ્થ થાય છે. ભૂજા અને ધાતુની પટ્ટી વસ્તુનો વ્યાસ / અંતર માપવા યોજનાબદ્ધ કરેલ હોય છે. હાથા Pનો ઉપયોગ વર્નિયર માપપટ્ટીને મુખ્ય માપપટ્ટી પર સરકાવવા થાય છે. સ્ક્રૂ Sનો ઉપયોગ વર્નિયર માપપટ્ટીને ઈચ્છિત સ્થાને સ્થિર કરવા થાય છે.



આકૃતિ E 1.1 **: વર્નિયર કેલીપર્સ**

2. વ્યવહારમાં વપરાતી માપપટ્ટીનુ લઘુત્તમ માપ 1 mm છે. આ માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ સુધારવા (વધારવા) તેનાં વધારે પેટા વિભાગ કરવા મુશ્કેલ છે. વર્નિયર માપપટ્ટી આને પ્રાપ્ત કરવા સક્ષમ બનાવે છે.

સિદ્ધાંત :

મુખ્ય માપપટ્ટીના એક વિભાગના મૂલ્ય (M.S.D.) અને વર્નિયર માપક્રમના એક વિભાગના મૂલ્ય (V.S.D.) ના તફાવતને સાધનનું લઘુત્તમ માપ કહે છે. જે સાધન વડે માપી શકાતું નાનામાં નાનુ માપ દર્શાવે છે.

$$n\text{V.S.D.} = (n - 1)\ \text{M.S.D.}$$

ઉપયોગમાં લીધેલ સૂત્રો :

(a) વર્નિયર કેલીપર્સનું લઘુત્તમ માપ

$$= \frac{\text{મુખ્ય માપપટ્ટીના સૌથી નાના વિભાગનું મૂલ્ય}}{\text{વર્નિયર માપક્રમ પરના વિભાગની કુલ સંખ્યા}}$$

(b) લંબઘન પદાર્થની ઘનતા $= \frac{\text{દળ}}{\text{કદ}} = \frac{m}{\text{V}} = \frac{m}{l \cdot b \cdot h}$ જ્યાં m એ તેનું દ્રવ્યમાન, l તેની લંબાઈ, b તેની પહોળાઈ અને h તેની ઊંચાઈ છે.

(c) નળાકાર (પોલા) વસ્તુનું કદ $\text{V} = \pi r^2 h' = \frac{\pi \text{D}'^2}{4} \cdot h'$ જ્યાં h' એ આંતરિક ઊંડાઈ છે, D' એ તેનો આંતરિક વ્યાસ અને r એ તેની આંતરિક ત્રિજ્યા છે.

પદ્ધતિ :

(a) નાની ગોળાકાર અથવા નળાકારીય વસ્તુના વ્યાસનું માપન :

1. વર્નિયર કેલીપર્સના ભૂજા બંધ રાખો. મુખ્ય માપપટ્ટીના શૂન્યના અંકનું અવલોકન કરો. તે વર્નિયર માપપટ્ટીના શૂન્ય સાથે સંપૂર્ણપણે એકરેખસ્થ થવો જોઈએ. જો આ ન હોય તો, પાના નં. 26-27 પર સમજાવ્યા મુજબ સાધનનો ઉપયોગ કરીને જ્યારે અવલોકન લેતા હોય ત્યારે બધા અવલોકન માટે શૂન્ય ત્રુટિને ધ્યાનમાં લો.
2. વર્નિયર કેલીપર્સનો જે વિભાગ મુખ્ય માપક્રમના કોઈ વિભાગ સાથે એકરેખસ્થ થાય છે તે જુઓ. જો પ્રાપ્ય હોય તો વિપુલદર્શક કાચનો ઉપયોગ કરો અને વર્નિયર માપપટ્ટીનો કયા નંબરનો વિભાગ મુખ્ય માપપટ્ટીના કોઈ એક વિભાગ સાથે એકરેખસ્થ થાય છે તે નોંધો. દૃષ્ટિ સ્થાનભેદની ત્રુટિ નિવારવા માટે તમારી આંખની સ્થિતિ, નોંધેલ વિભાગ પર લંબ રાખો.
3. ગતિ કરી શકે તેવા ભૂજાને મુક્ત કરવા સ્ક્રૂને હળવાશથી ઢીલો કરો. નીચેના ભૂજા AB ની વચ્ચે ગોળો / નળાકાર પદાર્થ હળવાશથી (કોઈપણ બિન જરૂરી દબાણ સિવાય) પકડી શકાય ત્યાં સુધી તેને સરકાવો. ભૂજા પદાર્થના વ્યાસને સંપૂર્ણપણે લંબ હોવા જોઈએ. હવે, હળવાશથી સ્ક્રૂને સજ્જડ કરો કે જેથી આ સ્થિતિમાં પદાર્થ સાધનમાં જકડાઈ રહે.
4. વર્નિયર માપક્રમના શૂન્યના કાપાનું સ્થાન મુખ્ય માપના સામે કાળજીપૂર્વક નોંધો. સામાન્ય રીતે, તે મુખ્ય માપક્રમના કોઈ નાના વિભાગ સાથે સંપૂર્ણપણે એકરેખસ્થ થતો નથી. વર્નિયર માપક્રમના શૂન્યના કાપાની તરત ડાબી બાજુના મુખ્ય માપના વિભાગનું મૂલ્ય નોંધો.

5. વર્નિયર માપક્રમનો ચોક્કસ ક્યો વિભાગ મુખ્ય માપક્રમના કોઈ વિભાગ સાથે ચોકસાઈથી એકરેખસ્થ થાય છે તે વર્નિયર માપક્રમની બારીમાં ડાબા છેડા (શૂન્ય)થી જમણી બાજુ જોવાનું શરૂ કરો. આ અંક (ધારો કે) N કાળજીપૂર્વક નોંધો.
6. 'N'ને સાધનના લઘુત્તમ માપ વડે ગુણો અને પરિણામને પદ-4માં નોંધેલ મુખ્ય માપક્રમમાં ઉમેરો. વાજબી સરવાળા માટે ગુણાકારને યોગ્ય એકમોમાં (સામાન્ય રીતે cm માં) ફેરવવાની ખાત્રી રાખો.
7. પદાર્થની વક્રસપાટીના વ્યાસના માપન માટે જુદા જુદા સ્થાન માટે પદ 3-6 પુનરાવર્તિત કરો. દરેક કિસ્સામાં અવલોકનના ત્રણ સેટ લો.
8. અવલોકનો કોઠામાં (કોષ્ટક E 1.1(a)) યોગ્ય એકમ સહિત નોંધો. જો જરૂર જણાય તો શૂન્ય સુધારો લાગુ પાડો.
9. પદાર્થના વ્યાસના સુધારેલા અવલોકનોની સાંખ્યિક સરેરાશ શોધો. પરિણામને યોગ્ય એકમ, યોગ્ય સાર્થક અંક સહિત દર્શાવો.

(b) નિયમિત લંબઘન પદાર્થની ઘનતા શોધવા તેના પરિમાણોનું માપન કરવું.

1. લંબઘન બ્લૉકની લંબાઈ (જો વિસ્તૃત ભૂજાની મર્યાદાની બહાર હોય તો) યોગ્ય માપપટ્ટીનો ઉપયોગ કરીને માપો અન્યથા વિભાગ (a) માં વર્ણવ્યા મુજબ વર્નિયર કેલીપર્સની ભૂજા વચ્ચે લંબાઈને અનુલક્ષીને બ્લૉકને જકડીને પદ 3-6 પુનરાવર્તિત કરો.
2. લંબઘન પદાર્થને યોગ્ય સ્થિતિમાં જકડીને તેના અન્ય પરિમાણો (પહોળાઈ b અને ઊંચાઈ h) નક્કી કરવા (a) માં રજૂ કરેલ પદ 3 - 6 પુનરાવર્તિત કરો.
3. લંબઘન બ્લૉક માટે લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઊંચાઈ માટેના અવલોકનો અવલોકન કોઠા (કોષ્ટક E 1.1(b)) માં યોગ્ય એકમ અને સાર્થક અંકો સહિત નોંધો. જ્યાં જરૂર હોય, ત્યાં શૂન્ય સુધારો લાગુ પોડો.
4. લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઊંચાઈ માટે લીધેલા અવલોકનોની અલગ અલગ સાંખ્યિક સરેરાશ શોધો.

(C) આપેલા બીકર (અથવા તેના જેવા નળાકારીય પદાર્થ)નું આંતરિક કદ માપવા માટે, આંતરિક વ્યાસ અને ઊંડાઈનું માપન :

1. વર્નિયર કેલીપર્સના ઉપરની ભૂજા CD એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તે બીકરની અંદરની દિવાલને વધારાના બિનજરૂરી દબાણ વિના સ્પર્શે. વર્નિયર કેલીપર્સને આ સ્થિતિમાં રાખવા સ્ક્રૂને હળવાશથી સજ્જડ કરો.
2. બીકર / કેલોરીમીટરનો અંદરનો વ્યાસ મેળવવા વિભાગ (a)માં ના પદ 3 - 6 પુનરાવર્તિત કરો. બીકરની બે જુદી જુદી (કોણીય) સ્થિતિ માટે આ પ્રમાણે કરો.

3. બીકરની ઊંડાઈ માપવા માટે, વર્નિયર કેલીપર્સની મુખ્ય માપક્રમની ધાર બીકરની વર્તુળાકાર ધાર પર રાખો. આ ગોઠવણ એવી રીતે કરો કે જેથી પટ્ટીની ટોચ બીકરની ઊંડાઈને અનુલક્ષીને મુક્ત રીતે અંદર જઈ શકે.
4. વર્નિયર કેલીપર્સના ગતિ કરી શકે તેવી ભૂજાને એટલે સુધી સરકતી રાખો કે જેથી પટ્ટી બીકરના તળિયાને સ્પર્શે. આ ગોઠવણ કરતાં હોય ત્યારે કાળજી રાખો કે પટ્ટી તળિયાની સપાટીને સંપૂર્ણપણે લંબ રહેવી જોઈએ. હવે, વર્નિયર કેલીપર્સના સ્ક્રૂને સજ્જડ કરો.
5. આપેલા બીકરની ઊંડાઈ મેળવવા પ્રયોગના ભાગ (a)ના પદ 4 થી 6 પુનરાવર્તિત કરો. બીકરની જુદી જુદી સ્થિતિ માટે ઊંડાઈના અવલોકનો લો.
6. અવલોકન કોઠામાં [કોષ્ટક E 1.1 (c)] અવલોકનો યોગ્ય એકમ અને સાર્થક અંક સહિત નોંધો. જરૂર જણાય તો શૂન્ય સુધારો લાગુ પાડો.
7. આપેલ બીકરના આંતરિક વ્યાસ અને ઊંડાઈના સુધારેલા અવલોકનોની સરેરાશ શોધો. પરિણામને યોગ્ય એકમો અને યોગ્ય સાર્થક અંક સહિત દર્શાવો.

અવલોકનો

(i) વર્નિયર કેલીપર્સનું લઘુત્તમ માપ (વર્નિયર અચળાંક)

મુખ્ય માપક્રમના 1 વિભાગનું મૂલ્ય (MSD) = 1 mm = 0.1 cm

વર્નિયર માપક્રમ પર વિભાગની સંખ્યા N = 10

વર્નિયર માપક્રમના 10 વિભાગ = મુખ્ય માપક્રમના 9 વિભાગ

$\therefore$ વર્નિયર માપક્રમનો 1 વિભાગ = મુખ્ય માપક્રમના 0.9 વિભાગ

વર્નિયર અચળાંક = મુખ્ય માપક્રમનો 1 વિભાગ - વર્નિયર માપક્રમનો 1 વિભાગ

= (1-0.9) મુખ્ય માપક્રમના વિભાગ

= 0.1 મુખ્ય માપ ક્રમનો વિભાગ

$\therefore$ વર્નિયર અચળાંક V_c = 0.1 mm = 0.01 cm

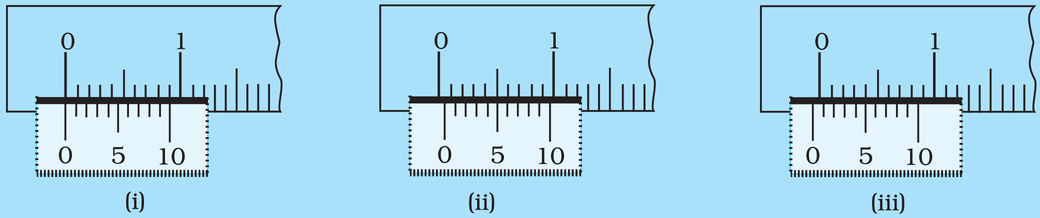
બીજી રીત :

વર્નિયર અચળાંક $= \frac{1\,\text{MSD}}{N} = \frac{1\,\text{mm}}{10}$

$\therefore$ વર્નિયર અચળાંક (V_c) = 0.1 mm = 0.01 cm.

(ii) શૂન્ય ત્રુટિ અને તેનો સુધારો :

જ્યારે ભૂજા A અને B એકબીજાને સ્પર્શે ત્યારે વર્નિયર માપક્રમનો શૂન્ય, મુખ્ય માપક્રમના શૂન્ય સાથે એકરેખસ્થ થાય. જો આવું ન થાય, તો સાધન શૂન્ય ત્રુટિ (e) ધરાવે છે તેમ કહેવાય. વર્નિયર માપક્રમનો શૂન્ય એ મુખ્ય માપક્રમના શૂન્યની જમણી કે ડાબી બાજુ રહેલ છે તેને આધારે



આકૃતિ E 1.2 : **શૂન્ય ત્રુટિ (i) શૂન્ય ત્રુટિ વિના (ii) ધન શૂન્ય ત્રુટિ (iii) ઋણ શૂન્ય ત્રુટિ**

શૂન્ય ત્રુટિ ધન કે ઋણ હોઈ શકે. જે આકૃત્તિ E 1.2 (ii) અને (iii) માં દર્શાવેલ છે. આ સ્થિતિમાં, લીધેલા અવલોકનોમાં સુધારો જરૂરી છે.

(iii) ધન શૂન્ય ત્રુટિ :

આકૃતિ E 1.2 (ii) એ ધન શૂન્ય ત્રુટિનું ઉદાહરણ છે. આકૃતિ પરથી, જ્યારે બંને ભૂજા એકબીજાના સંપર્કમાં રહેલા હોય ત્યારે જોઈ શકાય છે કે વર્નિયર માપક્રમનો શૂન્ય એ મુખ્ય માપક્રમના શૂન્યની જમણી બાજુ ખસેલો હોય છે. (ઉત્પાદનની ખામી અથવા અયોગ્ય વપરાશ ને કારણે આવું થઈ શકે છે.) આ પરિસ્થિતિમાં અવલોકન લેતા હોય ત્યારે સ્પષ્ટ છે કે લીધેલ અવલોકન એ ખરેખર (સાચા) અવલોકન કરતાં વધારે હોય છે. આથી, સુધારો લાગુ પાડવો જરૂરી બને છે કે જે વર્નિયર માપક્રમ જેટલો જમણી તરફ ખસેલો હોય તેના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

આદર્શ પરિસ્થિતિમાં વર્નિયર માપક્રમનો શૂન્ય એ મુખ્ય માપક્રમના શૂન્ય સાથે એકરેખસ્થ થવો જોઈએ પરંતુ અહીં આકૃતિ E 1.2 (ii), વર્નિયર માપક્રમનો 5 મો વિભાગ મુખ્ય માપક્રમના વિભાગ (અવલોકન) સાથે એકરેખસ્થ થાય છે.

$\therefore$ શૂન્ય ત્રુટિ = + 5 × લઘુત્તમ માપ = + 0.05 cm

તેથી આ કિસ્સામાં શૂન્ય ત્રુટિ ધન છે. આથી, કંઈ પણ માપ માટે કરવામાં આવેલ અવલોકનમાંથી શૂન્ય ત્રુટિ બાદ કરવામાં આવે છે. (આ ઉદાહરણમાં + 0.05 cm)

$\therefore$ સાચું અવલોકન = નોંધેલ અવલોકન - (+ શૂન્ય ત્રુટિ)

(iv) ઋણ શૂન્ય ત્રુટિ :

આકૃતિ E 1:2 (iii) ઋણ શૂન્ય ત્રુટિનું ઉદાહરણ દર્શાવે છે. આ આકૃતિ પરથી, જ્યારે બંને ભૂજા એકબીજાના સંપર્કમાં રહેલા હોય, ત્યારે જોઈ શકાય છે કે વર્નિયર માપક્રમનો શૂન્ય એ મુખ્ય માપક્રમની ડાબી બાજુ ખસેલો હોય છે. આ પરિસ્થિતિમાં અવલોકન લેતા હોય, ત્યારે સ્પષ્ટ છે કે લીધેલ અવલોકન એ ખરેખર (સાચા) અવલોકન કરતાં ઓછું હોય છે. આથી, સુધારો લાગુ પાડવો જરૂરી બને છે કે જે વર્નિયર માપક્રમ જેટલો ડાબી તરફ ખસેલો હોય, તેના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

આકૃતિ E 1.2 (iii) માં વર્નિયર માપક્રમનો 5 મો વિભાગ મુખ્ય માપક્રમના વિભાગ (અવલોકન) સાથે એકરેખસ્થ થાય છે.

$\therefore$ શૂન્ય ત્રુટિ = – 5 × લઘુત્તમ માપ

= – 0.05 cm

નોંધો કે આ કિસ્સામાં શૂન્ય ત્રુટિ ને ઋણ ગણવામાં આવી છે. આથી કોઈપણ માપ માટે કરવામાં આવેલ અવલોકનમાંથી શૂન્ય ઋણ ત્રુટિ (આ ઉદાહરણમાં – 0.05 cm) બાદ કરવામાં આવે. આથી, તે કરવામાં આવેલ અવલોકનના મૂલ્યમાં ઉમેરવામાં આવે છે.

∴ સાચું અવલોકન = નોંધેલ અવલોકન – (- શૂન્ય ત્રુટિ)

કોષ્ટક E 1.1 (a) નાના ગોળાકાર/નળાકાર પદાર્થના વ્યાસનું માપન

ક્રમ નં.	મુખ્ય માપક્રમનું અવલોકન M (cm/mm)	વર્નિયર માપક્રમનો એકરેખસ્થ થતા વિભાગનો નંબર N	વર્નિયર માપક્રમ અવલોકન $V = N \times V_C$ (cm/mm)	માપેલ વ્યાસ M + V (cm/mm)
1.				
2.				
3.				
4.				

શૂન્ય ત્રુટિ, e = ± ... cm

માપેલ સરેરાશ વ્યાસ = ... cm

સુધારેલ વ્યાસ = માપેલ સરેરાશ વ્યાસ - શૂન્ય ત્રુટિ = ... cm

કોષ્ટક E 1.1 (b) આપેલ નિયમિત આકારના પદાર્થ (લંબઘન બ્લૉક)ના પરિમાણનું માપન

પરિમાણ	ક્રમ નં.	મુખ્ય માપનું અવલોકન M (cm/mm)	વર્નિયર માપક્રમનો એકરેખસ્થ થતા વિભાગનો નંબર N	વર્નિયર માપક્રમનું અવલોકન $V = N \times V_C$ (cm/mm)	માપેલ પરિમાણ M + V (cm/mm)
લંબાઈ (*l*)	1.				
	2.				
	3.				
પહોળાઈ (*b*)	1.				
	2.				
	3.				
ઊંચાઈ (*h*)	1.				
	2.				
	3.				

શૂન્ય ત્રુટિ = ± ... mm/cm

માપેલ સરેરાશ લંબાઈ = ... cm, માપેલ સરેરાશ પહોળાઈ = ... cm

માપેલ સરેરાશ ઊંચાઈ = ... cm

સુધારેલ લંબાઈ = ... cm, સુધારેલ પહોળાઈ = ... cm

સુધારેલ ઊંચાઈ = ... cm

કોષ્ટક E 1.1 (c) આપેલ બીકર / કેલોરીમીટર / નળાકારીય ગ્લાસના અંદરના વ્યાસ અને ઊંડાઈનું માપન

પરિમાણ	ક્રમ	મુખ્ય માપક્રમનું અવલોકન M (cm/mm)	વર્નિયર માપક્રમનો એકરેખસ્થ થતા વિભાગનો નંબર N	વર્નિયર માપક્રમનું અવલોકન $V=N\times V_C$ (cm/mm)	માપેલ પરિમાણ M + V (cm/mm)
આંતરિક વ્યાસ	1.				
(D')	2.				
	3.				
ઊંડાઈ (h)	1.				
	2.				
	3.				

સરેરાશ વ્યાસ = ... cm

સરેરાશ ઊંડાઈ = ... cm

સુધારેલ વ્યાસ = ... cm

સુધારેલ ઊંડાઈ = ... cm

ગણતરી :

(a) ગોળા/નળાકારીય પદાર્થના વ્યાસનું માપન

માપેલ સરેરાશ વ્યાસ $D_0 = \dfrac{D_1 + D_2 + ... + D_6}{6}$ cm

$\therefore\ D_0 = ...\text{ cm} = ... \times 10^{-2}$ m.

આપેલ પદાર્થનો સુધારેલ વ્યાસ $D = D_0 - (\pm e) = ... \times 10^{-2}$ m

(b) લંબઘન બ્લૉકની લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઊંચાઈનું માપન

માપેલ સરેરાશ લંબાઈ, $l_0 = \dfrac{l_1 + l_2 + l_3}{3}$ cm

$\therefore\ l_0 = ...\text{ cm} = ... \times 10^{-2}$ m

બ્લૉકની સુધારેલ લંબાઈ $l = l_0 - (\pm e) = ...$ cm

માપેલ સરેરાશ પહોળાઈ $b_0 = \dfrac{b_1 + b_2 + b_3}{3}$

બ્લૉકની માપેલ સરેરાશ પહોળાઈ $b_0 = ...\text{ cm} = ... \times 10^{-2}$ m

બ્લૉકની સુધારેલ પહોળાઈ $b = b_0 - (\pm e) = ... \times 10^{-2}$ m

બ્લૉકની માપેલ સરેરાશ ઊંચાઈ, $h_0 = \dfrac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$

બ્લૉકની સુધારેલ ઊંચાઈ $h = h_0 - (\pm e) = ...$ cm

લંબઘન બ્લૉકનું કદ,

$$V = lbh = ...\ \text{cm}^3 = ... \times 10^{-6}\ \text{m}^3$$

બ્લૉકની ઘનતા,

$$\rho = \frac{m}{V} = ...\ \text{kgm}^{-3}$$

(c) બીકર / ગ્લાસના આંતરિક વ્યાસનું માપન

માપેલ સરેરાશ આંતરિક વ્યાસ $D_0 = \dfrac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$

$\therefore\ D_0 = ...\ \text{cm} = ... \times 10^{-2}\ \text{m}$

સુધારેલ આંતરિક વ્યાસ

$$D = D_0 - (\pm e) = ...\ \text{cm} = -\ ... \times 10^{-2}\ \text{m}$$

બીકરની માપેલ સરેરાશ ઊંડાઈ $h_0 = \dfrac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$

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

બીકરની સુધારેલી માપેલ ઊંડાઈ,

$$h = h_0 - (\pm e) = ...\ \text{cm} = ... \times 10^{-2}\ \text{m}$$

બીકરનું આંતરિક કદ

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4} = ... \times 10^{-6}\ \text{m}^3$$

પરિણામ :

(a) ગોળાકાર/નળાકારીય પદાર્થનો વ્યાસ

$$D = ... \times 10^{-2}\text{m}$$

(b) આપેલ લંબઘન બ્લૉકની ઘનતા

$$\rho = ...\ \text{kgm}^{-3}$$

(c) આપેલ બીકરનું આંતરિક કદ

$$V' = ...\ \text{m}^3$$

સાવચેતીઓ :

1. જો વર્નિયર માપક્રમ એ મુખ્ય માપક્રમ પર સરળતાથી સરકે નહી તો મશીન ઑઈલ/ગ્રીસનો ઉપયોગ કરો.
2. સ્ક્રૂના આંટાઓને થતું કોઈપણ પ્રકારનું નુકસાન અટકાવવા માટે વર્નિયર માપક્રમનો સ્ક્રૂ કોઈ વધારાના અનુચિત દબાણ વિના સજ્જડ કરો.
3. દૃષ્ટિસ્થાનભેદ ને લીધે ઉદ્ભવતી કોઈપણ ત્રુટિને નિવારવા વિભાગના ચિહ્ન ઉપર જ સીધી નજર (લંબ નજર) રાખો.
4. દરેક અવલોકન યોગ્ય સાર્થક અંકો અને એકમો સહિત નોંધો.

ત્રુટિના ઉદ્ગમો :

વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને મેળવેલું અવલોકન ખોટું બની શકે જો.

(i) સાધનમાં ઉદ્ભવેલી શૂન્ય ત્રુટિને ધ્યાનમાં લેવાયેલ ન હોય અને

(ii) વર્નિયર કેલીપર્સ, પદાર્થની સાપેક્ષે યોગ્ય સ્થિતિમાં ગોઠવાયેલ ન હોય, ખાલી જગ્યા અથવા અનુચિત દબાણ અથવા બંને નિવારો.

ચર્ચા :

1. વર્નિયર કેલીપર્સ એ ચોક્કસ પ્રકારના માપ માટે જરૂરી અને યોગ્ય છે કે જ્યાં પદાર્થના જરૂરી પરિમાણો મુક્ત પણે સુલભ હોય. તે ઘણી પરિસ્થિતિઓમાં ઉપયોગમાં લઈ શકાતું નથી. દા.ત. ધાતુના બ્લૉકમાં કાણું પાડીને બનાવેલા વ્યાસ '*d*' ના માપનમાં જો વ્યાસ d ઘણો નાનો હોય - જેમ કે 2 mm, તો વ્યાસ કે છિદ્રની ઊંડાઈ વર્નિયર કેલીપર્સ વડે માપી શકાતી નથી.
2. અત્રે એ સમજવું પણ અગત્યનું છે કે વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ લંબાઈ / પહોળાઈ / જાડાઈ વગેરે માપવા માટે ત્યારે જ ઉપયોગી છે કે જ્યારે પરિણામ (જેવું કે તારના કદનું માપન)માં ચોકસાઈની ઈચ્છિત માત્રા વધારે હોય. જ્યાં ચોકસાઈની પરિણામ પર બહુ અસર ના થતી હોય, ત્યાં તેનો (વર્નિયર કેલીપર્સ)નો ઉપયોગ અર્થહીન છે. દાખલા તરીકે સાદા લોલકના પ્રયોગમાં ગોળાના વ્યાસનું માપન જ્યાં, $L >> d$.

સ્વ મૂલ્યાંકન :

1. વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને માપન લેવાના કૌશલ્યના વિકાસનું પ્રમાણ આવો સ્વાધ્યાય કરવાથી જાણી શકે છે. વસ્તુઓ જેવી કે બંગડીઓ / કંગન, લખોટી કે જેમના પરિમાણ દોરાની મદદથી પરોક્ષ રીતે માપવામાં આવે છે. ત્યાં આ કૌશલ્ય હસ્તગત કરીને બંને પદ્ધતિ દ્વારા મેળવેલ અવલોકનોની સરખામણી કરી શકાય છે.
2. વર્નિયર એ માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ કેવી રીતે ઘટાડે છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ :

1. આપેલ કાચ / ધાતુના નળાકારીય પદાર્થની ઘનતા નક્કી કરો.
2. દરવાજા અને પાટીયાની જાડાઈ માપો.
3. પાણીની પાઈપનો બહારનો વ્યાસ માપો.

વધારાનો સ્વાધ્યાય :

1. ફોર્ટીનના બેરોમીટરમાં વપરાતા વર્નિયર માપક્રમમાં સામાન્ય રીતે 20 VSD એ 19 MSD (દરેક વિભાગ 1 mm લંબાઈ સાથે એકરેખસ્થ થાય છે. વર્નિયરનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
2. સ્પેક્ટ્રોમીટર / સેકસ્ટંટમાં આપવામાં આવેલ વર્નિયર માપક્રમ (કોણીય)માં સામાન્ય રીતે 60 VSD એ59 MSD (દરેક વિભાગ $1°$ નો ખૂણો). સાથે એકરેખસ્થ થાય છે. વર્નિયરનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
3. વર્નિયર કેલીપર્સના વર્નિયર માપક્રમમાં વિભાગોની સંખ્યા વધારીને તેના માપનની ચોકસાઈમાં કેવી અસર કરી શકાય ?
4. વર્નિયર કેલીપર્સની જોડ અને આપેલ નળાકારનો ઉપયોગ કરીને તમે πનું મૂલ્ય કેવી રીતે નક્કી કરશો ?

   (**Hint :** વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને નળાકારના વ્યાસ માપો અને દોરાનો ઉપયોગ કરીને નળાકારનો પરિઘ માપો. પરિઘ અને વ્યાસ (D)નો ગુણોત્તર π દર્શાવે છે.)
5. વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને પોલાદ (સ્ટીલ)માંથી બનાવેલ ટમ્બલરની ધાતુની જાડાઈ તમે કેવી રીતે શોધશો ?

   (**Hint :** ટમ્બલરનો આંતરિક વ્યાસ (D_1) અને બાહ્ય વ્યાસ (D_0) માપો. પછી ધાતુની જાડાઈ $D_t = \dfrac{D_0 - D_1}{2}$).

પ્રયોગ 2

હેતુ

સ્ક્રૂ ગેજનો ઉપયોગ કરી

(a) આપેલા તારનો વ્યાસ માપવો.

(b) આપેલા પતરાની જાડાઈ માપવી અને

(c) અનિયમિત સીટનું (લેમીના) કદ નક્કી કરવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

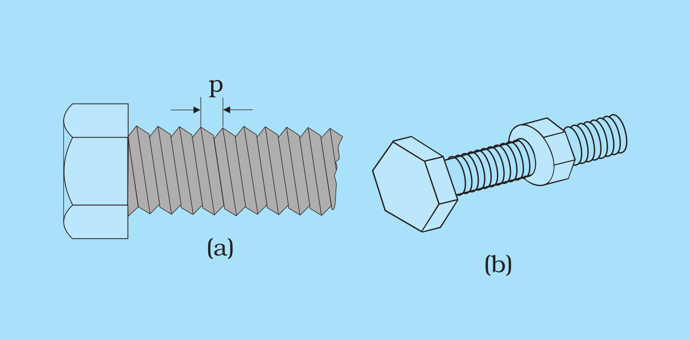
તાર, ધાતુનું પતરું, અનિયમિત સીટ (લેમીના), મિલિમીટર આલેખ પેપર, પેન્સિલ અને સ્ક્રૂ ગેજ.

સાધનનું વર્ણન

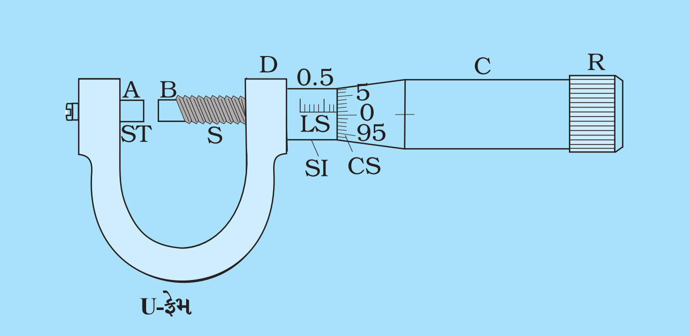
1. વર્નિયર કેલીપર્સની મદદથી સામાન્ય રીતે તમે લંબાઈનું 0.1 mm સુધીની ચોકસાઈથી માપન કરી શકો છો. લંબાઈનું વધારે ચોકસાઈથી માપન 0.01 mm અથવા 0.005 mm સુધી સ્ક્રૂગેજના ઉપયોગ વડે થઈ શકે. આ રીતે સ્ક્રૂગેજ એ વર્નિયર કેલીપર્સ કરતાં વધારે ચોકસાઈ વાળું સાધન છે. તમે સામાન્ય સ્ક્રૂ જોયો હશે. (આકૃતિ E2.1 (a)). સ્ક્રૂ ઉપર આંટા હોય છે. કોઈ પણ બે ક્રમિક આંટા વચ્ચેનું અંતર સમાન હોય છે. સ્ક્રૂને વિષમઘડી કે સમઘડી દિશામાં પરિભ્રમણ કરાવી પાછળ કે આગળ ખસેડી શકાય છે. (આકૃતિ E2.1 (b)).

જ્યારે સ્ક્રૂ તેનું એક પરિભ્રમણ પૂર્ણ કરે છે ત્યારે તેણે કાપેલ અંતર, બે ક્રમિક આંટા વચ્ચેના અંતર જેટલું હોય છે. આ અંતરને સ્ક્રૂનું પેચ અંતર કહે છે. (આકૃતિ E2.1 (A))માં સ્ક્રૂનું પેચ અંતર P દર્શાવેલ છે. જે સામાન્ય રીતે 1 mm કે 0.5 mm હોય છે.

આકૃતિ E2.2 સ્ક્રૂ ગેજ દર્શાવે છે. તેમાં સ્ક્રૂ ‘S’ છે. જેને આગળ કે પાછળ એક પરિભ્રમણ કરાવીને તેના મથાળા પર રહેલ C ને રેચેટ R વડે ફેરવી શકાય છે. અહીં U ફ્રેમની એક શાખા (ભૂજા) સાથે સુરેખ માપક્રમ ‘LS’ જોડેલ હોય છે. સુરેખ માપક્રમમાં સૌથી નાના વિભાગનું મૂલ્ય 1



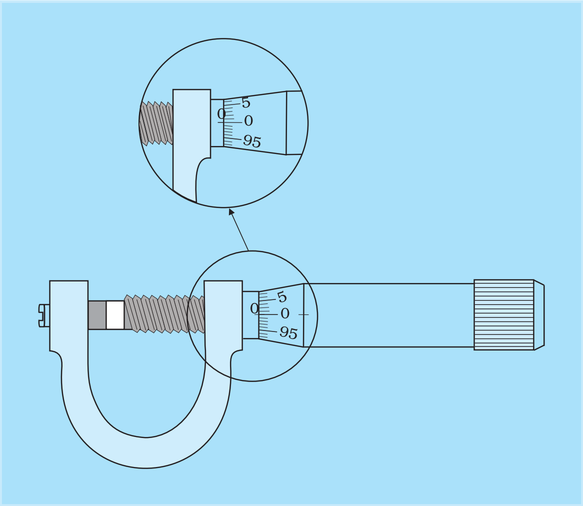
આકૃતિ E 2.1A : સ્ક્રૂ (a) નટ વિના (b) નટ સાથે



આકૃતિ E 2.2 : સ્ક્રૂ ગેજનો દેખાવ

mm (એક પ્રકારના સ્ક્રૂ ગેજમાં) હોય છે. તેના મથાળા પર વર્તુળાકાર માપક્રમ CS હોય છે જેને પરિભ્રમણ કરાવી શકાય છે. વર્તુળાકાર માપક્રમ પર 100 વિભાગ હોય છે.

જ્યારે સ્ક્રૂનો B છેડો, બંને છેડે આંટાવાળા ST ની સપાટી A ને સ્પર્શે, ત્યારે મુખ્ય માપક્રમ અને વર્તુળાકાર માપક્રમના શૂન્યોનાં ચિહ્નો એક બીજા સાથે એકરેખસ્થ થાય છે.



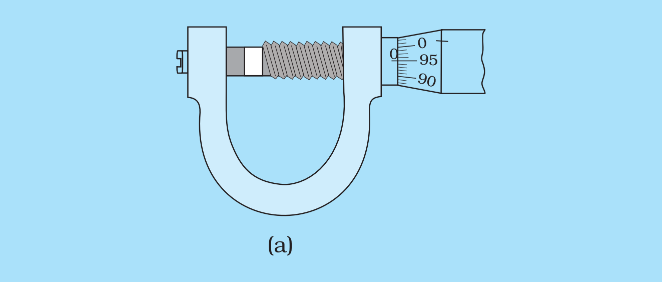
આકૃતિ E 2.3 **: શૂન્ય ત્રુટિ સિવાયનું સ્ક્રૂ ગેજ**

શૂન્ય ત્રુટિ

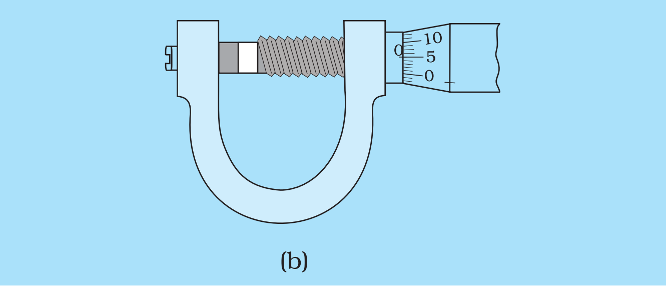
જ્યારે સ્ક્રૂનો છેડો અને બંને છેડે આંટાવાળા સ્ક્રૂની સપાટી એકબીજા સાથે સંપર્કમાં આવે ત્યારે સુરેખ માપક્રમ અને વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન શૂન્ય થવું જોઈએ. જો કોઈ કિસ્સામાં આવું ન થાય, તો સ્ક્રૂ ગેજમાં રહેલી ત્રુટિને શૂન્ય ત્રુટિ કહે છે.

આકૃતિ E 2.3 માં જ્યારે સપાટીઓ (સમતલો) A અને B એકબીજાને સ્પર્શે ત્યારે વિર્વધિત કરેલ ચિત્ર દર્શાવેલ છે. અહીં LS અને CS ના શૂન્યના ચિહ્ન એકબીજા સાથે એકરેખસ્થ થાય છે.

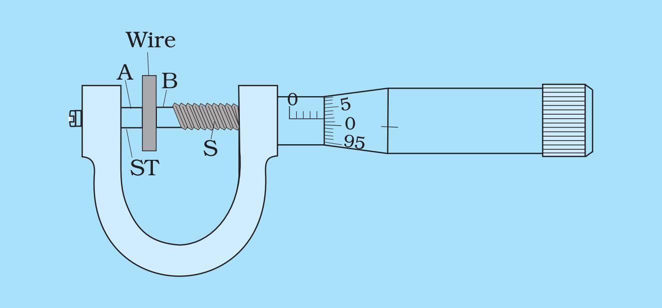
જ્યારે વર્તુળાકાર માપક્રમ સુરેખ માપક્રમના શૂન્ય કરતાં વધારે (અથવા ધન) હોય ત્યારે સાધનમાં **ધન શૂન્ય ત્રુટિ** છે તેમ કહેવાય જે આકૃતિ E 2.4 (a) માં દર્શાવેલ છે. જ્યારે વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન, સુરેખ માપક્રમના શૂન્ય કરતાં ઓછું (અથવા ઋણ) હોય, ત્યારે સાધનમાં **ઋણ શૂન્ય ત્રુટિ** છે. તેમ કહેવાય જે આકૃતિ E 2.4 (b) માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ E 2.4 (a) **: ધન શૂન્ય ત્રુટિ**



આકૃતિ E 2.4 (b) **: ઋણ શૂન્ય ત્રુટિ**



આકૃતિ E 2.5 **: સ્ક્રૂ ગેજ વડે જાડાઈ માપવી**

સુરેખ માપક્રમના અવલોકન લેવા

સુરેખ માપક્રમ પર વર્તુળાકાર માપક્રમની ડાબી બાજુના છેડા પર સૌથી નજીક રહેલ માપના ચિહ્નને સુરેખ માપક્રમનું અવલોકન કહે છે. દાખલા તરીકે, આકૃતિ E 2.5 માં દર્શાવ્યા મુજબ સુરેખ માપક્રમનું અવલોકન 0.5 cm છે.

વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન લેવા

વર્તુળાકાર માપક્રમનો જે વિભાગ મુખ્ય માપક્રમની રેખા સાથે એકરેખસ્થ થાય તેને વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન કહે છે. દાખલા તરીકે આકૃતિ 2.5 માં વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન 2 છે.

કુલ અવલોકન :

કુલ અવલોકન

= સુરેખ માપક્રમનું અવલોકન + વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન × લઘુત્તમ માપ.

$= 0.5 + 2 \times 0.001$

$= 0.502$ cm

સિદ્ધાંત

સ્ક્રૂએ કાપેલું સુરેખ અંતર તે તેને આપવામાં આવેલ પરિભ્રમણના સમપ્રમાણમાં હોય છે. વર્તુળાકાર માપક્રમના એક વિભાગ જેટલું સ્ક્રૂને પરિભ્રમણ આપતાં, સ્ક્રૂએ સુરેખ માપક્રમ પર કાપેલ અંતર એ સાધન દ્વારા ચોકસાઈપૂર્વક માપી શકાતું નાનામાં નાનું અંતર છે. જેને સાધનનું લઘુત્તમ માપ કહે છે.

$$\text{લઘુત્તમ માપ} = \frac{\text{પેચ અંતર}}{\text{વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના વિભાગની સંખ્યા}}$$

દાખલા તરીકે જે સ્ક્રૂગેજનું પેચ અંતર 1 mm અને વર્તુળાકાર માપક્રમ પર 100 વિભાગ હોય, તેનું લઘુત્તમ માપ $\frac{1\text{mm}}{100} = 0.01$ mm થશે.

આ સ્ક્રૂગેજ વડે માપી શકાતી નાનામાં નાની લંબાઈ છે.

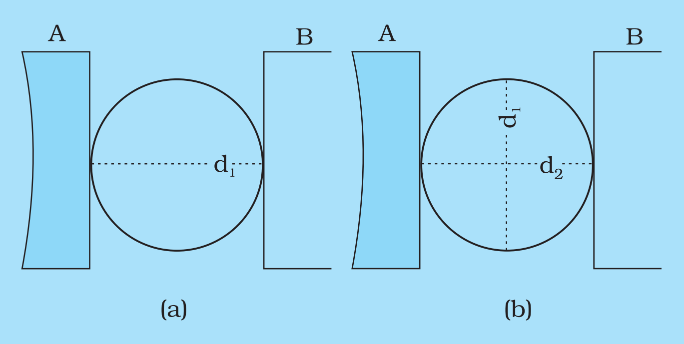
બીજા એક પ્રકારના સ્ક્રૂગેજમાં, પેચ અંતર 0.5 mm અને વર્તુળાકાર માપક્રમ પર 50 વિભાગ છે. આ સ્ક્રૂ ગેજનું લઘુત્તમ માપ 0.5 mm / 50 = 0.01 mm છે. અત્રે નોંધો કે વર્તુળાકાર માપક્રમના બે પરિભ્રમણ કરાવવાથી સ્ક્રૂ એ કાપેલ અંતર 1 mm થશે. કેટલાક સ્ક્રૂગેજમાં લઘુત્તમ માપ 0.001 mm (એટલે કે 10^{-6}m) હોય છે અને આથી તેને માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂ કહે છે.

પદ્ધતિ

1. સ્ક્રૂગેજ લો અને સ્ક્રૂના મથાળા પરનો રેચેટ R યોગ્ય રીતે કામ કરે છે તે ચકાસો.
2. સ્ક્રૂને પરિભ્રમણ કરાવો. દા.ત. 10 પૂર્ણ પરિભ્રમણ કરાવો અને કેટલું અંતર કાપે છે. તે અવલોકન કરો. આ અંતરનું અવલોકન, વર્તુળાકાર માપક્રમની ડાબી બાજુના છેડા પર સુરેખ માપક્રમ પરના ચિહ્ન પર મળશે. પછી સ્ક્રૂનું પેચ અંતર શોધો. એટલે કે સ્ક્રૂના એક પૂર્ણ પરિભ્રમણ માટેનું અંતર નક્કી કરો. જો વર્તુળાકાર માપક્રમ પર n વિભાગ હોય, તો સ્ક્રૂને વર્તુળાકાર માપક્રમના એક વિભાગ જેટલું પરિભ્રમણ કરાવતાં કાપેલ અંતરને સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ કહે છે. એટલે કે,

$$\text{લઘુત્તમ માપ} = \frac{\text{પેચ અંતર}}{n}$$

3. સ્ક્રૂ અને સ્ક્રૂગેજના બે બાજુ આંટાવાળા સ્ક્રૂની વચ્ચે તારને દાખલ કરો. રેચેટને ફેરવીને સ્ક્રૂને આગળ તરફ ગતિ કરાવો કે જેથી તાર સ્ક્રૂ અને સ્ક્રૂગેજના બે બાજુ આંટાવાળા સ્ક્રૂની વચ્ચેની જગ્યામાં મૃદુતાથી પકડાઈ રહે. જુઓ આકૃતિ E 2.5. જે ક્ષણે 'કટ' અવાજ આવે તે ક્ષણે રેચેટને ફેરવવાનું બંધ કરો.
4. રેખીય માપક્રમ અને વર્તુળાકાર માપક્રમના અવલોકનો લો.
5. આ બંને અવલોકનો પરથી તારનો વ્યાસ મેળવો.
6. તારને ચોક્કસ રીતે વર્તુળાકાર આડછેદ ન પણ હોઈ શકે. તેથી, તારની એકબીજાને કાટખૂણે હોય, તેવી બે સ્થિતિમાં વ્યાસનું માપન કરવું જરૂરી છે. આ માટે, પહેલાં વ્યાસ d_1નું અવલોકન નોંધો. (આકૃતિ E 2.6 (a)) અને પછી તારને તે આડછેદની સ્થિતિમાંથી 90° પરિભ્રમણ આપો. આ સ્થિતિમાં વ્યાસ d_2નું અવલોકન નોંધો. (આકૃતિ E 2.6 (b)).
7. તાર સાચી રીતે નળાકારીય ન પણ હોઈ શકે. આથી જુદાં જુદાં અમુક સ્થાનેથી વ્યાસનું માપન કરવું જરૂરી છે અને તે વ્યાસનું સરેરાશ મૂલ્ય મેળવો. આ માટે, પદ (3) થી (6) તારની ત્રણ વધુ સ્થિતિ માટે પુનરાવર્તિત કરો.



આકૃતિ E 2.6 (a) :

8. આ રીતે મેળવેલ વ્યાસના જુદાં જુદાં મૂલ્યોની સરેરાશ મેળવો.
9. તારના વ્યાસનું સાચું (સુધારેલ) મૂલ્ય મેળવવા માટે શૂન્ય ત્રુટિ જો હોય, તો યોગ્ય નિશાની સહિત બાદ કરો.

અવલોકનો અને ગણતરી

રેખીય માપક્રમ પરના સૌથી નાના વિભાગની લંબાઈ = ... mm

સ્ક્રૂ ને જ્યારે x જેટલા પૂર્ણ પરિભ્રમણ કરાવવામાં આવે ત્યારે

કાપેલ અંતર y = ... mm

સ્ક્રૂનું પેચ અંતર $= \frac{y}{x}$ = ... mm

વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના વિભાગની સંખ્યા n = ...

સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ. (L. C.)

$$= \frac{\text{પેચ અંતર}}{\text{વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના વિભાગોની સંખ્યા}} = \ldots \text{ mm}$$

નિશાની સહિત શૂન્ય ત્રુટિ (કાપાનો નંબર × લઘુત્તમ માપ) = ... mm

કોષ્ટક E 2.1 તારના વ્યાસનું માપન

ક્રમ	એક જ દિશાના અવલોકન (d_1)			લંબદિશાના અવલોકન (d_2)			માપેલો વ્યાસ $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ mm
	રેખીય માપક્રમ પરનું અવલોકન M (mm)	વર્તુળાકાર માપક્રમ પરનું અવલોકન n	વ્યાસ $d_1 = M + n \times L.C.$ (mm)	રેખીય માપક્રમ પરનું અવલોકન M (mm)	વર્તુળાકાર માપક્રમ પરનું અવલોકન (n)	વ્યાસ $d_2 = M + n \times L.C.$ (mm)	
1.							
2.							
3.							
4.							

સરેરાશ વ્યાસ = ... mm

સુધારેલા સરેરાશ વ્યાસનું મૂલ્ય

= માપેલ વ્યાસ - (નિશાની સહિત શૂન્ય ત્રુટિ) = ... mm

પરિણામ

આપેલ તારનો સ્ક્રૂ ગેજ વડે માપેલ વ્યાસ = ... m

સાવચેતીઓ

1. અનુચિત દબાણ કે જે વ્યાસમાં ફેરફાર કરાવી શકે તેને નિવારવા માટે સ્ક્રૂગેજની રેચેટ ગોઠવણનો ફરજિયાત ઉપયોગ કરો.
2. સ્ક્રૂને માત્ર એક જ દિશામાં ફેરવવો નહીતર સ્ક્રૂમાં 'પ્લે' ઉત્પન્ન થશે.
3. સ્ક્રૂ ઘર્ષણ વિના મુક્ત રીતે ખસવું જોઈએ.
4. તારની લંબાઈ પરના ઓછામાં ઓછા જુદાં જુદાં ચાર બિંદુઓ પાસેથી અવલોકનો લેવા જોઈએ.
5. દ્દષ્ટિસ્થાનભેદને લીધે ઉદ્ભવતી ત્રુટિને નિવારવા બધા જ અવલોકનો આંખને લંબરૂપે રાખી (લંબ નજરે) મેળવો.

ત્રુટિના ઉદ્ગમો

1. તાર સમાન આડછેદ ધરાવતો ન પણ હોઈ શકે.
2. તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયા દ્વારા ઉદ્ભવતી ત્રુટિને લઘુત્તમ બનાવી શકાય પરંતુ તેને સંપૂર્ણપણે નિવારી શકાતી નથી.

તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયાની ત્રુટિ :

સારા સાધનમાં (સ્ક્રૂગેજ હોય કે સ્ફેરોમીટર હોય) સ્ક્રૂ પરના આંટા અને નટ (ચાકી - કે જેમાં સ્ક્રૂ ફરે છે) તેમાં આંટા એકબીજા સાથે ચુસ્ત રીતે બેસવા જોઈએ તેમ છતાં, વારંવારના વપરાશથી બંને, સ્ક્રૂ અને નટ પરના આંટા નબળાં પડી જાય છે. પરિણામ સ્વરૂપ બે આંટાની વચ્ચે જગ્યા ઉદ્‌ભવે છે. જેને 'પ્લે' કહેવામાં આવે છે. સ્ક્રૂગેજ જેવા સાધનમાં આંટામાં રહેલી 'પ્લે'ને કારણે માપનમાં ત્રુટિ દાખલ થઈ શકે છે. આવી ત્રુટિને તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયાની ત્રુટિ (backlash error) કહે છે. તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયાની ત્રુટિ ધરાવતા સાધનમાં સ્ક્રૂને પરિભ્રમણ આપ્યા સિવાય તે સરકીને થોડું રેખીય અંતર કાપે છે તેને રોકવા માટે, જ્યારે અવલોકન લેતા હોય. ત્યારે સ્ક્રૂને માત્ર એક જ દિશામાં ફેરવવો સલાહ ભરેલો છે.

3. રેખીય માપક્રમ અને વર્તુળાકાર માપક્રમના વિભાગો સમાન અંતરે ન પણ હોઈ શકે.

ચર્ચા

1. તમે મેળવેલ વ્યાસનું મૂલ્ય વાસ્તવિક છે કે નહિ તેનું મૂલ્યાંકન કરવાનો પ્રયત્ન કરો. તેમાં 10મા અથવા 100મા ભાગની ત્રુટિ હોઈ શકે છે. સામાન્ય માપપટ્ટીથી તારની જાડાઈ માપીને, તારનો આશરે અંદાજિત વ્યાસ તમે માપી શકો છો.
2. સ્ક્રૂ ગેજને ઉપયોગમાં લેતા જઈએ તેમ તેમાં તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયા ત્રુટિ (blacklash error) કેમ ઉદ્‌ભવે છે ?

સ્વમૂલ્યાંકન

1. શું નાનું લઘુત્તમ માપ ધરાવતું સ્ક્રૂગેજ હંમેશા વધારે સારું હોય છે ? તમને બે સ્ક્રૂગેજ આપવામાં આવ્યા છે. તેના વર્તુળાકાર માપક્રમમાં એકમાં 100 વિભાગ અને બીજામાં 200 વિભાગ છે. તમે ક્યું સ્ક્રૂગેજ પસંદ કરશો ? શા માટે ?
2. શું એવી સ્થિતિ ઊભી થઈ શકે કે જેમાં સ્ક્રૂ દ્વારા મળતું રેખીય અંતર તેને આપવામાં આવેલ પરિભ્રમણના સમપ્રમાણમાં ન હોય ?
3. શું એવું શક્ય બને કે વર્તુળાકાર માપક્રમનો શૂન્ય, મુખ્ય માપક્રમના શૂન્ય રેખાની ઉપર હોય ? હજુ સુધી ત્રુટિએ ધન શૂન્ય ત્રુટિ ગણાય ?
4. નાની લંબાઈના માપન માટે, આપણે શા માટે વર્નિયર કેલીપર્સ કરતાં સ્ક્રૂ ગેજને પસંદ કરીએ છીએ ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. બાટલીના ઢાંકણાનું પેચ અંતર શોધવાની રીત વિચારો.
2. સામાન્ય સ્ક્રૂ અને સ્ક્રૂગેજના પેચ અંતરની સરખામણી કરો. ક્યા મુદ્દે તે બંને અલગ પડે છે ?
3. જુદા જુદા પાંદડાના ડીંટા (પાંદડાને ડાળી સાથે જોડતી ડાળી)નો વ્યાસ માપો અને તેને પાંદડાના દળ અથવા સપાટીના ક્ષેત્રફળ સાથે કોઈ સંબંધ છે કે નહિ તે તપાસો. પાંદડાની ડાળીનો વ્યાસ, સ્ક્રૂગેજથી માપતાં પહેલાં તેને સૂકાવા દો.

4. જુદી જુદી બનાવટના સ્ટેઈનલેશ સ્ટીલના પ્યાલાના પતરાની જાડાઈ માપો અને તેને તેની કિંમતના માળખા સાથે સંબંધ પ્રસ્થાપિત કરો.
5. જુદા જુદા પ્રકારના હૂકના છેડે આવેલા સ્ક્રૂ માટે પેચ અંતર માપો અને તે દરેક હૂક વડે પકડી રાખવાની ધારણા મુજબના દળ સાથે પેચ અંતરનો કોઈ સંબંધ છે તે ચકાસો.
6. બજારમાં ઉપલબ્ધ હોય તેવી કાચની જુદી જુદી બંગડીઓની જાડાઈ માપો. શું તેઓ કોઈ ચોક્કસ પ્રમાણભૂત પ્રમાણે બનેલ છે ?
7. બજારમાંથી જુદી જુદી ગેજ સંખ્યા ધરાવતા તાર મેળવી તેમના વ્યાસ માપો અને તે બંને (ગેજ સંખ્યા અને વ્યાસ) વચ્ચેનો સંબંધ મેળવો. દરેક ગેજ સંખ્યાના વાયરોની જુદી જદી ઉપયોગીતા શોધી કાઢો.

(b) આપેલ સ્લાઈડ (તકતી) ની જાડાઈનું માપન

પદ્ધતિ

1. આપેલ સ્લાઈડને સ્ક્રૂગેજના સ્ક્રૂ અને બંને બાજુ આંટાવાળા સ્ક્રૂની વચ્ચે દાખલ કરો અને તેની જુદી જુદી પાંચ સ્થિતિમાં જાડાઈ મેળવો.
2. સરેરાશ જાડાઈ શોધો અને અગાઉ લાગું પાડેલ પદ્ધતિ પ્રમાણે શૂન્ય ત્રુટિ લાગુ પાડી સુધારેલ જાડાઈની ગણતરી કરો.

અવલોકનો અને ગણતરી

સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ = ... mm

સ્ક્રૂગેજની શૂન્ય ત્રુટિ = ... mm

કોષ્ટક E 2.2 : સ્લાઈડની જાડાઈનું માપન

અનુક્રમ નંબર	રેખીય માપક્રમ પરનું અવલોકન M (mm)	વર્તુળાકાર માપક્રમ પરનું અવલોકન (n)	જાડાઈ $t = M + n \times L. C.$ (mm)
1			
2			
3			
4			
5			

આપેલ સ્લાઈડની સરેરાશ જાડાઈ = ... mm

આપેલ સ્લાઈડની સુધારેલ સરેરાશ જાડાઈ

= માપેલ સરેરાશ જાડાઈ- (નિશાની સહિત શૂન્ય ત્રુટિ) = ... mm

પરિણામ

આપેલ સ્લાઈડની જાડાઈ = ... m.

ત્રુટિના ઉદ્ગમો

1. તકતી સમાન જાડાઈ ધરાવતી ન પણ હોય.
2. તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયાને લીધે ઉદ્ભવતી ત્રુટિ (backlash error) લઘુત્તમ કરી શકાય છે, પરંતુ સંપૂર્ણપણે નાબૂદ કરી શકાતી નથી.

ચર્ચા

1. તમે માપેલી તકતીની જાડાઈ વાસ્તવિક છે કે નહિ તેનું મૂલ્યાંકન કરો. તમે 20 તકતીઓ લઈ તેમને એક સાથે રાખીને મીટર પટ્ટીની મદદથી તેની જાડાઈ માપો અને તે પરથી એક તકતીની જાડાઈ ગણો.
2. સ્ક્રૂ ગેજનો ઉપયોગ જાડા કાર્ડબોર્ડની તકતીની જાડાઈ માપવા માટે કરીએ તો તેની મર્યાદાઓ શું હોઈ શકે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. બજારમાં ઉપલબ્ધ હોય તેવા લાકડાના જુદાં જુદાં પ્લાયબોર્ડની જાડાઈ માપો અને તેને પુરુ પાડનારે જણાવેલ સ્પષ્ટીકરણો સાથે તેની સરખામણી કરો.
2. જુદાં જુદાં સપ્લાયર દ્વારા બનાવેલ સ્ટીલના કબાટમાં વપરાયેલ સ્ટીલના પતરાની જાડાઈ માપો અને તેમની કિંમતની સરખામણી કરો. કબાટની કિંમત તેના દ્રવ્યમાનને આધારે કે તેમાં વપરાયેલ સ્ટીલના પતરાની જાડાઈને આધારે ચૂકવવી વધારે સારી ગણી શકાય ?
3. કાગળની 144 શીટ્સના પેકિંગ માટે કાર્ડબોર્ડના બોક્સની ડિઝાઈન તૈયાર કરો અને તેના પરિમાણ જણાવો.
4. સ્ક્રૂગેજના સ્ક્રૂ અને બંને બાજુ આંટાવાળા સ્ક્રૂની વચ્ચે તમારી પ્રાયોગિક નોટબુકના 30 પાના પકડો અને તેની જાડાઈ માપો અને તે પરથી એક પાનાની જાડાઈ નક્કી કરો.
5. કંપાસમાં રહેલી પ્લાસ્ટિકની માપપટ્ટી/ધાતુની પટ્ટીની જાડાઈ શોધો.

(c) આપેલા અનિયમિત આકારના લેમીનાનું કદ નક્કી કરવું

પદ્ધતિ

1. પ્રયોગ E 2(b)માં કર્યા મુજબ લેમીનાની જાડાઈ શોધો.
2. અનિયમિત આકારના લેમીનાને mm વાળા આલેખ પત્ર પર મૂકો. પાતળી અણીવાળી પેન્સિલની મદદથી લેમીનાની બહારની ધાર દોરો. લેમીનાની સીમાઓમાં આવતા કુલ આખા ચોરસ અને અડધા કરતાં વધારે હોય, તેવા ચોરસની સંખ્યા ગણો અને તે પરથી લેમીનાનું ક્ષેત્રફળ નક્કી કરો.
3. સરેરાશ જાડાઈ × લેમીનાનું ક્ષેત્રફળ, સંબંધનો ઉપયોગ કરીને લેમીનાનું કદ મેળવો.

અવલોકનો અને ગણતરી

પ્રયોગ E 2(b) પ્રમાણે, ટેબલનો પ્રથમ વિભાગ એ લેમીનાની ઘાટને અનુલક્ષીને જુદાં જુદાં

5 જગ્યાએથી જાડાઈ માપવાના લીધેલા અવલોકનો માટે છે. સરેરાશ જાડાઈ ગણો અને જો હોય, તો શૂન્ય ત્રુટિ માટેનો સુધારો લાગુ પાડો.

આલેખ પેપર પર દોરેલ બહારની ધાર પરથી :-

કુલ પૂર્ણ ચોરસની સંખ્યા = ... mm^2 = ... cm^2

લેમીનાનું કદ = ... mm^3 = ... cm^3

પરિણામ

આપેલ લેમીનાનું કદ = ... cm^3

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. કાર્ડબોર્ડની ઘનતા શોધો.
2. પાંદડા (લીમડો, બ્રાયોફાઈટ્સ)નું કદ શોધો.
3. નળાકારીય પેન્સિલનું કદ માપો.

પ્રયોગ 3

હેતુ

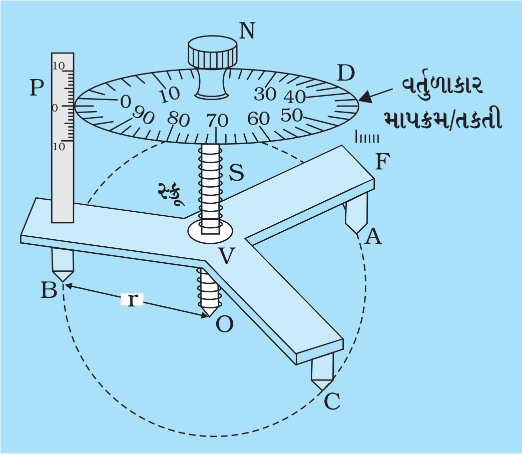
સ્ફેરોમીટરની મદદથી આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

સ્ફેરોમીટર, વૉચગ્લાસ અથવા બહિર્ગોળ અરીસા જેવી ગોળીય સપાટી અને લગભગ 6 cm × 6 cm માપની કાચની સમતલ પ્લેટ.

સાધનનું વર્ણન

સ્ફેરોમીટર એ ધાતુની ત્રિકોણાકાર ફ્રેમ F ધરાવે છે કે જે એકબીજાથી સમાન અંતરે હોય તેવા ત્રણ લેગ્સ (પાયા) A, B અને C (આકૃતિ E 3.1)ના આધાર પર ગોઠવાયેલ છે. લેગ્સના નીચેના બિંદુઓ સમબાજુ ત્રિકોણ ABCના ત્રણ ખૂણા બનાવે છે અને તે બિંદુ જ્ઞાત ત્રિજ્યા r ધરાવતા પાયાના વર્તુળના પરિઘ પર આવેલા હોય છે. સ્ફેરોમીટર કેન્દ્રિય લેગ OS (ચોકસાઈથી કાપેલ સ્ક્રૂ) પણ ધરાવે છે. જે ફ્રેમની મધ્યમાં આવેલ છિદ્ર V (નટ)ના આંટા દ્વારા ઉપર કે નીચે કરી શકાય છે. કેન્દ્રિય સ્ક્રૂનું નીચેનું બિંદુ જ્યારે નીચેના સમતલ (લેગ્સ A, B અને C ના છેડાથી રચાતા)માં લાવવામાં આવે છે ત્યારે તે ત્રિકોણ ABCના કેન્દ્રને સ્પર્શે છે. કેન્દ્રિય સ્ક્રૂ એક વર્તુળાકાર તક્તી પણ ધરાવે છે જેના ઉપરના ભાગે 100 અથવા 200 સમાન ભાગમાં વિભાજિત વર્તુળાકાર માપક્રમ હોય છે. એક નાનો શિરોલંબ માપક્રમ P જેના પર મિલિમીટર અથવા અડધા મિલિમીટરના માપ દર્શાવેલ છે, જેને મુખ્ય માપક્રમ કહે છે જે કેન્દ્રિય સ્ક્રૂને સમાંતર ફ્રેમ Fના એક છેડે જડિત કરેલ છે. આ માપક્રમ P એ તક્તી Dની ધારની ખૂબ જ નજીક પરંતુ તક્તી Dને સ્પર્શે નહિ તે રીતે રાખેલ હોય છે. આ માપક્રમ શિરોલંબ અંતર કે જે કેન્દ્રિય લેગ છિદ્ર Vમાંથી ખસે છે તેનું માપન કરે છે. આ માપક્રમ એ પેચઅંતર માપક્રમ પણ કહેવાય છે.



આકૃતિ E 3.1 : સ્ફેરોમીટર

પદ અને વ્યાખ્યાઓ

પેચઅંતર : વર્તુળાકાર તકતીના માપક્રમના એક પૂર્ણ પરિભ્રમણ દરમિયાન કેન્દ્રિય સ્ક્રૂ દ્વારા શિરોલંબ કાપેલ અંતરને પેચઅંતર કહે છે.

સામાન્ય રીતે શાળાઓની પ્રયોગશાળામાં વપરાતા સ્ફેરોમીટરમાં પેચઅંતર મિલિમીટરમાં વિભાજિત થયેલ હોય છે અને વર્તુળાકાર તકતી માપક્રમ પર 100 સમાન વિભાગો હોય છે. વર્તુળાકાર માપક્રમના એક પરિભ્રમણમાં કેન્દ્રિય સ્ક્રૂ 1 mm વધે છે અથવા ઘટે છે. આમ, સ્ક્રૂનું પેચઅંતર 1 mm છે

લઘુત્તમ માપ : સ્ફેરોમીટરની લઘુત્તમ માપએ વર્તુળાકાર માપક્રમને એક વિભાગ જેટલું ફેરવતાં સ્ફેરોમીટરના સ્ક્રૂ દ્વારા કપાતુ અંતર એટલે લઘુત્તમ માપ. એટલે કે,

$$\text{સ્ફેરોમીટરનું લઘુત્તમ માપ} = \frac{\text{સ્ફેરોમીટર સ્ક્રૂનું પેચઅંતર}}{\text{વર્તુળાકાર માપક્રમ પર વિભાગની સંખ્યા}}$$

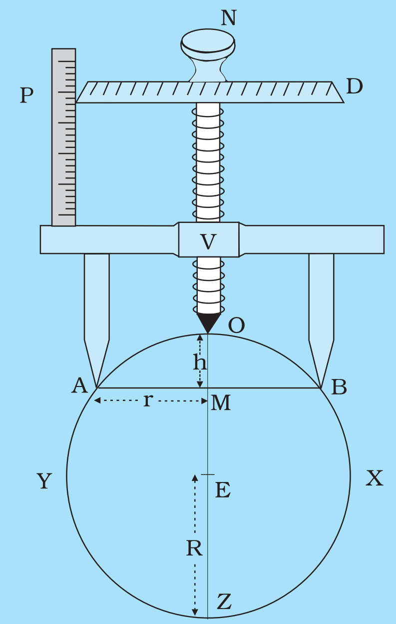
સામાન્ય રીતે વપરાશમાં લેવાતા સ્ફેરોમીટરનું લઘુત્તમ માપ 0.01 mm હોય છે. તેમ છતાં કેટલાક સ્ફેરોમીટરને નાની એવી 0.005 mm અથવા 0.001 mm જેટલું લઘુત્તમ માપ હોય છે.

સિદ્ધાંત

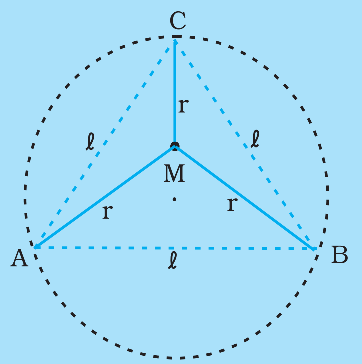
ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા માટેનું સૂત્ર

વર્તુળ AOBXZY (આકૃતિ E 3.2) એ R ત્રિજ્યા અને E તેનું કેન્દ્ર હોય, તેવા ગોળાનો શિરોલંબ છેદ પ્રદર્શિત થાય છે. (આપેલ ગોળીય સપાટી એ આ ગોળાનો એક ભાગ છે.) લંબાઈ OZ એ આ શિરોલંબ છેદનો વ્યાસ (= 2R) છે. જે જીવા ABને દુભાગે છે. બિંદુ A અને B એ આપેલ ગોળીય સપાટી પર સ્ફેરોમીટરના બે લેગ્સના સ્થાન છે. સ્ફેરોમીટરના ત્રીજા લેગનું સ્થાન આકૃતિ E 3.2માં દર્શાવેલ નથી. બિંદુ O પાસે ગોળીય સપાટીને કેન્દ્રિય સ્ક્રૂની ટોચ સ્પર્શે છે.

આકૃતિ E 3.3માં પાયાનું વર્તુળ અને સમબાજુ ત્રિકોણ ABC કે જે સ્ફેરોમીટરના લેગ્સના ટોચના બિંદુઓ દ્વારા રચાય છે તે દર્શાવેલ છે. આ આકૃતિ પરથી, નોંધી શકાય કે બિંદુ M એ માત્ર રેખા ABનું મધ્યબિંદુ નથી પરંતુ તે પાયાના વર્તુળનું કેન્દ્ર અને સમબાજુ ત્રિકોણ ABC કે જે સ્ફેરોમીટરના લેગ્સની નીચેની ટોચને લીધે રચાયેલ છે, તેનું પણ કેન્દ્ર છે (આકૃતિ E 3.1).



આકૃતિ E 3.2 : ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યાનું માપન



આકૃતિ E 3.3 : સ્ફેરોમીટરના પાયાથી રચાતું વર્તુળ

આકૃતિ E 3.2માં OM અંતર એ કેન્દ્રિય સ્ક્રૂની નીચેની અણી જ્યારે

ગોળીય સપાટીને સ્પર્શે ત્યાંથી વર્તુળાકાર છેદ ABCના સમતલ સુધીની ઊંચાઈ છે. આ અંતર OMને સેજીટ્ટા (Sagitta) પણ કહે છે. ધારોકે આ h છે. વર્તુળની બે જીવાઓ જેવીકે AB અને OZ એકબીજાને બિંદુ Mમાં છેદે તો જીવાના બે ભાગ થવાથી મળતા લંબચોરસના ક્ષેત્રફળ સમાન હોય છે. આથી,

$$AB.MB = OM.MZ$$

$$(AM)^2 = OM\,(OZ - OM) \text{ કેમકે } AM = MB$$

હવે, ધારોકે EZ $\left(= \dfrac{OZ}{2}\right)$ = R આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા અને AM = r સ્ફેરોમીટરના પાયાના વર્તુળની ત્રિજ્યા

$$r^2 = h\,(2R - h)$$

આમ,
$$R = \frac{r^2}{2h} + \frac{h}{2}$$

હવે, ધારોકે સ્ફેરોમીટરના કોઈપણ બે લેગ્સ વચ્ચેનું અંતર અથવા સમબાજુ ત્રિકોણ ABCની બાજુની લંબાઈ (આકૃતિ E 3.3), l છે. તેથી ભૂમિતિ પરથી $r = \dfrac{l}{\sqrt{3}}$

આમ, આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા R નીચેના સૂત્ર વડે આપી શકાય.

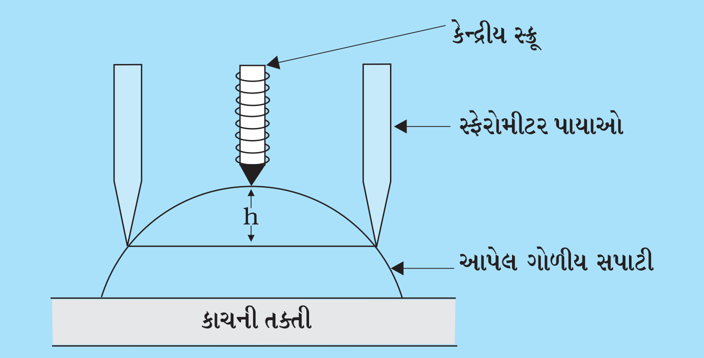
$$R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

પદ્ધતિ

1. આપેલ સ્ફેરોમીટરના પેચઅંતર માપક્રમ પર એક વિભાગનું મૂલ્ય નોંધો.
2. વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના વિભાગની સંખ્યા નોંધો.
3. સ્ફેરોમીટર માટે પેચઅંતર અને લઘુત્તમ માપ નક્કી કરો. સમક્ષિતિજ સપાટી પર આપેલ કાચની સમતલ તક્તી મૂકો અને તેના પર સ્ફેરોમીટર મૂકો કે જેથી તેના ત્રણ પાયા તક્તી પર રહે.
4. સ્ફેરોમીટરને કાગળ ઉપર (અથવા પ્રાયોગિક નોટબુકના પાના પર) મૂકો અને ધીમેથી દબાવો અને તેના ત્રણ પાયાના ટોચના બિંદુની છાપ મેળવો. આ ત્રણ છાપને જોડીને સમબાજુ ત્રિકોણ ABC રચો અને ΔABCની બધી બાજુઓ માપો. સ્ફેરોમીટરના બે પાયા વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર l ગણો.

ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરવામાં પદ l^2 ઉપયોગમાં લેવાય છે. (જૂઓ ઉપયોગમાં લીધેલ સૂત્ર). આથી, લંબાઈ lનું માપ લેવામાં ખૂબ જ કાળજી રાખવી જરૂરી છે.

5. આપેલ ગોળીય સપાટીને સમતલ કાચની તકતી પર મૂકો અને પછી તેના પર સ્ફેરોમીટર મૂકો તેના કેન્દ્રિય સ્ક્રૂને જરૂરિયાત જેટલો ઉપર તરફ કે નીચે તરફ ખસેડો કે જેથી સ્ફેરોમીટરના ત્રણ પાયા ગોળીય સપાટી ઉપર ગોઠવાય. (આકૃતિ E 3.4).
6. કેન્દ્રિય સ્ક્રૂને એટલે સુધી ફેરવો કે જેથી તે હળવેથી ગોળીય સપાટીને સ્પર્શે. સ્ક્રૂ સપાટીને સ્પર્શ કરે છે કે નહિ તે ચકાસવા સપાટીની નીચે પરાવર્તનથી બનેલ પ્રતિબિંબ જોઈ શકાય છે.
7. પેચઅંતર સ્કેલ પરથી સ્ફેરોમીટરનું અવલોકન h_1 લો. વર્તુળાકાર માપક્રમનો જે વિભાગ પેચઅંતર સ્કેલ સાથે એક રેખસ્થ થતો હોય તે પણ નોંધો. અવલોકન કોષ્ટક E 3.1માં નોંધો.



આકૃતિ E 3.4 **:** સેજીટ્ટા ‘ *h* ’ નું માપન

8. ગોળીય સપાટી દૂર કરો અને સ્ફેરોમીટરને કાચની સમતલ તક્તી પર મૂકો. કેન્દ્રિય સ્ક્રૂને એટલે સુધી ફેરવો કે જેથી, તેની ટોચ કાચની તકતીને હળવેથી સ્પર્શે, સ્ફેરોમીટરનું અવલોકન h_2 લો અને કોષ્ટક E 3.1માં નોંધો. h_1 અને h_2 વચ્ચેનો તફાવત એ સેજીટ્ટા (h) ના મૂલ્ય જેટલું હશે.
9. પદ (5)થી (8) વધારે ત્રણ વખત ગોળીય સપાટી પર સ્ફેરોમીટર મૂકી પુનરાવર્તિત કરો. આ દરમિયાન ગોળીય સપાટીનું કેન્દ્ર એક જ સ્થાને રહેવું જોઈએ. (h)નું સરેરાશ મૂલ્ય શોધો.

અવલોકનો

(A) સ્ક્રૂનું પેચઅંતર :

(i) શિરોલંબ પેચઅંતર માપક્રમ પર નાનામાં નાના વિભાગનું મૂલ્ય p = ... mm.

(ii) વર્તુળાકાર તકતીના P પૂર્ણ દોલનો દરમિયાન સ્ક્રૂએ કાપેલ અંતર q = ... mm.

(iii) સ્ક્રૂનું પેચઅંતર = (q/p) = ... mm.

(B) સ્ફેરોમીટરનું લઘુત્તમ માપ :

(i) વર્તુળાકાર માપક્રમ પર કુલ વિભાગની સંખ્યા (N) = ...

(ii) સ્ફેરોમીટરનું લઘુત્તમ માપ

$$= \frac{\text{સ્ફેરોમીટર સ્ક્રૂનું પેચઅંતર}}{\text{વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના કુલ વિભાગ}}$$

$$\therefore \text{લઘુત્તમ માપ} = \frac{\text{સ્ક્રૂનું પેચઅંતર}}{N} = \ldots \text{ cm}$$

(C) લંબાઈ l નું માપન (સમબાજુ ત્રિકોણ ABC પરથી)

(i) અંતર AB = ... cm

(ii) અંતર BC = ... cm

(iii) અંતર CA = ... cm

સરેરાશ $l = \dfrac{AB + BC + CA}{3}$ = ... cm

કોષ્ટક E 3.1 સેજીટ્ટા hનું માપન

ક્રમ	સ્ફેરોમીટરના અવલોકનો								$(h_1 - h_2)$
	ગોળીય સપાટી સાથે				સમક્ષિતિજ સમતલ સપાટી				
	પેચ માપક્રમનું અવલોકન x (cm)	પેચમાપક્રમ સાથે સંકળાયેલ વર્તુળાકાર માપ-ક્રમનો વિભાગ y	વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન $z = y \times$ L.C (cm)	ગોળીય સપાટી સાથે સ્ફેરોમીટરનું અવલોકન $h_1 = x + z$ (cm)	પેચ માપક્રમનું અવલોકન x' (cm)	પેચમાપક્રમ સાથે સંકળાયેલ વર્તુળાકાર માપ-ક્રમનો વિભાગ y'	વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન $z' = y \times$ L.C (cm)	ગોળીય સપાટી સાથે સ્ફેરોમીટરનું અવલોકન $h_2 = x' + z'$ (cm)	

સરેરાશ h = ... cm

ગણતરી

A. l અને hના મૂલ્યોનો ઉપયોગ અને સૂત્રનો ઉપયોગ કરીને વક્રતાત્રિજ્યા Rની ગણતરી કરો.

$$R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

ખૂબ જ મોટી વક્રતાત્રિજ્યા હોય, તેવા કિસ્સામાં પદ $\frac{h}{2}$ ને અવગણી શકાય. (આ સ્થિતિમાં $\left(\frac{l^2}{6h}\right)$માં ત્રુટિ $\frac{h}{2}$ના ક્રમની હોય છે.

પરિણામ

આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા R = ... cm છે.

સાવચેતીઓ

1. સ્ક્રૂમાં ઘર્ષણ હોઈ શકે.
2. સ્ફેરોમીટરમાં તીવ્ર નકારાત્મક ત્રુટિ (backlash error) હોઈ શકે.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. જ્યારે વર્તુળાકાર માપક્રમને સમક્ષિતિજ સપાટીને અનુલક્ષીને પેચઅંતર માપક્રમ પર અવલોકન લેતા હોય ત્યારે દૃષ્ટિસ્થાનભેદની ત્રુટિ ઉદ્‌ભવે.
2. સ્ફેરોમીટરની તીવ્ર નકારાત્મક ત્રુટિ (backlash).
3. વર્તુળાકાર માપક્રમના વિભાગો અસમાન રીતે ગોઠવાયેલા હોય.
4. સ્ફેરોમીટરની ગોઠવણી કરતા હોય ત્યારે તેના સ્ક્રૂ સમક્ષિતિજ સમતલ સપાટી અથવા ગોળીય સપાટી સ્પર્શે અથવા ન સ્પર્શે ત્યારે.

ચર્ચા

શું આપેલ પદાર્થ, જેમકે અંતર્ગોળ અરીસા અથવા બહિર્ગોળ અરીસાની બે સપાટીઓ માટે સમાન વક્રતાત્રિજ્યા હોય છે ? (Hint : વસ્તુના દ્રવ્યની જાડાઈ કંઈ ફેરફાર કરી શકે ?)

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

1. સ્ફેરોમીટરનો ઉપયોગ કરીને બહિર્ગોળ/અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ નક્કી કરો.
2. (a) ધાતુના/કાચના પાતળી પટ્ટી જેવા નાના ટુકડાની જાડાઈ સ્ફેરોમીટરની મદદથી માપો.

   (b) કાર્ડશીટની જાડાઈ માપવા કયું સાધન વધારે ચોકસાઈવાળું હશે - સ્ક્રૂગેજ કે સ્ફેરોમીટર ?

પ્રયોગ 4

હેતુ

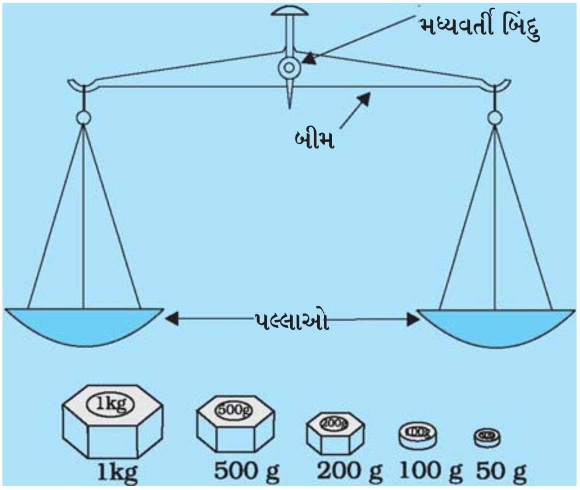
બીમ બેલેન્સનો ઉપયોગ કરી બે જુદાં જુદાં પદાર્થના દ્રવ્યમાન માપવા.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ભૌતિક તુલા, મિલિગ્રામના દ્રવ્યમાન સહિત વજનપેટી અને ચિપિયા, સ્પિરિટ લેવલ અને જે બે પદાર્થના (વસ્તુના) દ્રવ્યમાન નક્કી કરવા હોય તે પદાર્થ.

ભૌતિક તુલાનું વર્ણન

ભૌતિક તુલા એ કોઈ પ્રમાણભૂત વજન (અથવા ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન) સાથે પદાર્થના વજન (અથવા પ્રમાણભૂત ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન)ની સરખામણી કરી પદાર્થનું વજન માપતું સાધન છે.

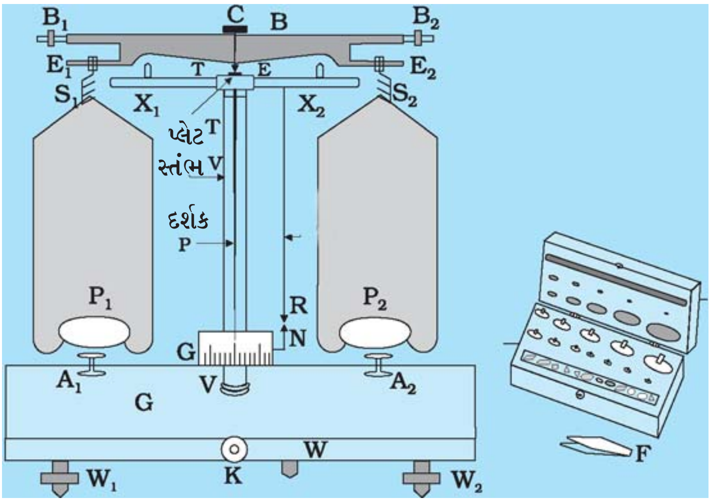


આકૃતિ E 4.1 : બીમ બેલેન્સ અને વજનિયા

સામાન્ય વપરાશમાં લેવાતું બે પલ્લાવાળું ત્રાજવું એ ઉચ્ચાલનની એપ્લીકેશન છે. તેમાં એક દૃઢ એકસરખો સળિયો (બીમ), બંને છેડે લટકાવેલ બે પલ્લા અને સળિયાની વચ્ચે મધ્યવર્તી બિંદુ હોય છે. (આકૃતિ E 4.1). આ મધ્યવર્તી બિંદુ એ એક આધાર (આલંબ) સળિયાને લંબરૂપે (કાટખૂણે) ગોઠવેલ હોય છે. આ બીમ બેલેન્સ જડત્વના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.

વધારે ચોકસાઇવાળા અવલોકન માટે પ્રયોગશાળામાં ભૌતિક તુલા (આકૃતિ E 4.2) ઉપયોગમાં લેવાય છે. સામાન્ય બીમ બેલેન્સની જેમ જ, ભૌતિક તુલામાં, દૃઢ સળિયા B ના દરેક છેડે એક એમ પલ્લા P_1 અને P_2 હોય છે. પલ્લા P_1 અને P_2 ને ઉલ્ટાવેલ ચપ્પા જેવી ધાર E_1 અને E_2 પર મૂકેલા પેંગડાઓ અનુક્રમે S_1 અને S_2 વડે લટકાવવામાં આવે છે. સપ્રમાણ રીતે બીમ (સળિયા)ના છેડા પર હોય છે. લાકડાના પાટીયા (W) પર શિરોલંબ સ્તંભ (V) જડિત કરી તેના પર મજબૂત (સખત દ્રવ્ય જેવા કે અકીક)ના ચપ્પાની ધાર (E) જેવી બિંદુ પર કેન્દ્રબિંદુએ બીમને પણ ગોઠવેલ હોય છે. લાકડાનું પાટિયું (base board) ત્રણ લેવલિંગ સ્ક્રૂ W_1, W_2 અને W_3 ધરાવે છે. મોટાભાગના તુલાઓમાં સ્ક્રૂ W_1 અને W_2 ઊંચાઈ ગોઠવવા માટે અને આ દ્વારા લાકડાનું પાટિયું સમક્ષિતિજ દિશામાં લેવલ થાય છે. ત્રીજો સ્ક્રૂ W_3 જે આકૃતિ E 4.2માં દેખાતો નથી. તે ઊંચાઈ ગોઠવવા માટે નથી. જે પાટીયા Wના પાછળના ભાગે મધ્યમાં ગોઠવેલ છે.

ગોઠવેલ છે. જ્યારે તુલા ઉપયોગમાં લેવાતી હોય ત્યારે સ્તંભ Vના ટોચ પર સમક્ષિતિજ સપાટી પર ગોઠવેલ છરીની ધાર E સમતલમાં ફરી ગોઠવાય છે. આ રીતે મધ્યમાન ધાર E એ બીમ Bના મધ્યમાન બિંદુ અથવા આલંબ તરીકે વર્તે છે. જ્યારે તુલા ઉપયોગમાં ન હોય ત્યારે સળિયો X_1 અને X_2 આધાર પર ગોઠવાય છે. આ X_1 અને X_2 એ મધ્યમાન સ્તંભ (V) સાથે જોડાયેલ બીજા એક સમક્ષિતિજ સળિયા પર જડિત હોય છે. લાકડાના પાટીયા પર જડિત કરેલ આધાર A_1 અને A_2 પર અનુક્રમે પલ્લા P_1 અને P_2 ગોઠવાય છે. કેટલીક તુલાઓમાં A_1 અને A_2 જડિત હોતા નથી અને તેવા કિસ્સાઓમાં જ્યારે તુલા ઉપયોગમાં લેવાતી ન હોય ત્યારે પલ્લા પાટિયા W પર ગોઠવાય છે.



આકૃતિ E 4.2 : ભૌતિક તુલા અને વજનપેટી

બીમ (સળિયા) Bના મધ્યમાં દર્શક P પણ કાટખૂણે જડિત કરેલ હોય છે. ડટ્ટો K કે જે સમક્ષિતિજ સળિયા વડે શિરોલંબ સ્તંભ V સાથે જોડાયેલ છે. તે પણ પાટીયા W સાથે બહારના ભાગે જોડેલ છે. આ દટ્ટાની મદદથી શિરોલંબ સ્તંભ V અને આધારો A_1 અને A_2ને એક સાથે ઊંચે કે નીચે કરી શકીએ છીએ. આમ, દટ્ટા KM 'ON' સ્થિતિમાં સળિયો B પણ ઊંચકાશે અને છરીની ધાર E ઉપર જ લટકેલ રહેશે અને મુક્ત દોલનો કરશે. સળિયાની સાથે પલ્લા P_1 અને P_2 પણ ઉપર અને નીચે ઝૂલે છે. બીમ (સળિયા)ની આ દોલિત ગતિને દર્શક P દ્વારા સ્તંભ V પર લગાડેલા માપક્રમ Gના સંદર્ભમાં અવલોકન કરી શકાય છે. જ્યારે દટ્ટા Kને ફેરવીને પાછો 'OFF' સ્થિતિમાં લાવવામાં આવે ત્યારે સળિયો (બીમ) આધાર X_1 અને X_2 પર ગોઠવાય છે. આ સ્થિતિમાં છરીની ધાર E અને પ્લેટ T થોડા છૂટા પડેલ હોય છે અને પલ્લાઓ P_1 અને P_2 આધાર A_1 અને A_2 પર અનુક્રમે ગોઠવાય છે. દટ્ટા Kની 'OFF' સ્થિતિમાં સમગ્ર તુલા એરેસ્ટેડ (સ્થંભિત) છે તેમ કહેવાય. આવી એરેસ્ટિંગ ગોઠવણી છરીની ધારને અનુચિત ઘસારા અને પલ્લામાંથી દ્રવ્યમાન (અજ્ઞાત અને પ્રમાણભૂત) બદલતી વખતે થતી ઈજામાંથી રક્ષણ આપે છે. દટ્ટા Kને ફેરવીને તેની 'ON' સ્થિતિમાં લાવતાં, જ્યારે બંને પલ્લામાં દ્રવ્યમાન ન હોય ત્યારે માપક્રમ Gના સંદર્ભમાં દર્શક Pની દોલનગતિ અથવા ઝૂલો G પરના શૂન્યની ચિહ્નની ગમે તે બાજુએ સમાન હોવું જોઈએ અને દર્શક તેની દોલિત ગતિ શૂન્યના ચિહ્ન પર બંધ કરતો હોવો જોઈએ. તે દર્શક Pની શિરોલંબ સ્થિતિ અને બીમ Bની સમક્ષિતિજ સ્થિતિ રજૂ કરે છે. તેમ છતાં, જો ઝૂલ શૂન્યના ચિહ્નની બંને બાજુ સમાન ન હોય તો બીમ (સળિયા)ના છેડે આપેલ બે સંતુલિત સ્ક્રૂ B_1 અને B_2ને ગોઠવો. સ્તંભ Vને શિરોલંબ કરવા લાકડાના પાટિયા

(base board) W ને સમક્ષિતિજ સમતલ કરો. આ ગોઠવણી તપાસવા માટે ઓળંબો રેખા (R) સ્તંભ Vની બાજુમાં લટકાવેલ હોય છે. સમગ્ર સાધનને બે બારણાવાળા કાચની પેટીમાં રાખેલ હોય છે. કોઈ પદાર્થનું ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન ભૌતિક તુલાની મદદથી માપવામાં આવે તો તે પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાનની સાથે સરખામણીથી મળે છે. પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાનોનો સેટ (100 g, 50 g, 20 g, 10 g, 5 g, 2 g અને 1 g) ચીપિયાની જોડ સહિત લાકડાના બૉક્ષમાં મૂકેલ છે જેને વજનપેટી કહે છે. દ્રવ્યમાનો આકૃતિ E 4.2માં દર્શાવ્યા મુજબ વર્તુળાકાર ખાંચામાં ગોઠવેલ છે. વજનપેટીમાં અલગથી મિલિગ્રામના દ્રવ્યમાનોનો સેટ (500 mg, 200 mg, 100 mg, 50 mg, 20 mg, 10 mg, 5 mg, 2 mg અને 1mg)પણ રાખવામાં આવે છે. ભૌતિક તુલા સામાન્ય રીતે 250 g દ્રવ્યમાન ધરાવતા પદાર્થો માટે વાપરી શકાય તેવી રીતે બનાવેલ હોય છે.

સિદ્ધાંત

ભૌતિક તુલાની કાર્યપદ્ધતિ એ જડત્વના સિદ્ધાંત પર રચાયેલી છે. તુલામાં સમાન લંબાઈની બે ભૂજાઓ અને સમાન દ્રવ્યમાન ધરાવતા બે પલ્લા હોય છે. જ્યારે પલ્લાઓ ખાલી હોય છે ત્યારે નીચેના દટ્ટાનો ઉપયોગ કરી સળિયાને (પલ્લાને) ઊંચકવામાં આવે ત્યારે સળિયો (બીમ) સમક્ષિતિજ રહે છે. જ્યારે જે પદાર્થનું દ્રવ્યમાન કરવાનું હોય તેને ડાબા પલ્લામાં મૂકવામાં આવે છે ત્યારે સળિયો (બીમ) વિષમઘડી દિશામાં ફરે છે. જમણી બાજુના પલ્લામાં યોગ્ય જ્ઞાત પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન મૂકીને સંતુલિત સ્થિતિમાં લાવી શકાય છે. જ્યારે ભૂજા પર લાગતા બળ સમાન થશે, ત્યારે બંને પલ્લામાં વજન (એટલે કે બળ) સમાન હશે.

ભૌતિક તુલા બળની સરખામણી કરે છે. આ બળો ભૌતિક તુલાના બંને પલ્લામાં મૂકેલ વસ્તુઓના વજન (દ્રવ્યમાન × ગુરુત્વપ્રવેગ) છે. જો એક જ સ્થળે વજન કરતા હોય તો વજન એ પદાર્થના દ્રવ્યમાનના સમપ્રમાણમાં હોય છે. આથી, ભૌતિક તુલા એ ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાનની સરખામણી માટે વાપરવામાં આવે છે. આમ, ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન m ધરાવતી કોઈ વસ્તુ Oને ભૌતિક તુલાના એક પલ્લામાં અને જાણીતા ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન m_s વાળું પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન O′ બીજા પલ્લામાં મૂકતાં સળિયો (બીમ) સમતોલનમાં રહેતો હોય ત્યારે

પદાર્થ Oનું એક પલ્લામાં વજન = પદાર્થનું O′નું બીજા પલ્લામાં વજન

અથવા $$\mathrm{mg} = m_s\mathrm{g}$$

જ્યાં g એ ગુરુત્વપ્રવેગ છે, જે અચળાંક છે. આમ,

$$\mathrm{m} = m_s$$

એટલે કે,

વસ્તુ Oનું એક પલ્લામાં દ્રવ્યમાન = બીજા પલ્લામાં પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન

રીત

1. ભૌતિક તુલાને તપાસો અને તેના બધા ભાગથી પરિચિત બનો. તેના બધા જ ભાગ તેમની યોગ્ય જગ્યાએ છે તે ચકાસો.

2. વજનપેટીમાં વજનના સેટ ગ્રામ અને મિલીગ્રામ બંને સંપૂર્ણ છે તે ચકાસો.
3. પલ્લા સ્વચ્છ અને સૂકા છે તે ખાતરી કરો.
4. દટ્ટા K દ્વારા બીમ (સળિયા) Bની એરેસ્ટિંગ મીકેનીજમની કાર્યપદ્ધતિ યોગ્ય છે તેમ ચકાસો.
5. લેવલીંગ સ્ક્રૂ W_1 અને W_2ની મદદથી ભૌતિક તુલાના લાકડાના પાટીયા (base board) Wને સમક્ષિતિજ સમતલ કરો. સમતલ કરેલી સ્થિતિમાં ઓળંબો રેખા Rની નીચેની અણી એ જડિત નીડલ બિંદુ Nની બરાબર ઉપર રહેલી જોઈએ. સમતલ કરવાની પ્રક્રિયા માટે સ્પિરિટ લેવલનો ઉપયોગ કરો.
6. તુલાને કવર કરવા આપેલી કાચની પેટીના દરવાજા બંધ કરો અને દટ્ટા Kનો ઉપયોગ કરીને બીમ (સળિયા) Bને ધીમેથી ઊંચે કરો.
7. શિરોલંબ સ્તંભ Vના તળિયે જડિત કરેલ નાના માપક્રમની સાપેક્ષમાં દર્શક Pની દોલિત ગતિ નિહાળો. જો દર્શક ઝૂલ લેતો ન હોય, તો કોઈ એક પલ્લાને ધીમેથી નાનો ધક્કો આપો. દૃષ્ટિ સ્થાનના ભેદને નિવારવા તમારી આંખોની નજર માપક્રમને લંબરૂપે રાખો.

   ચેતવણી : દર્શકને અડવું નહિ.
8. દર્શક Pની સ્થિતિ જુઓ. તે મધ્યના શૂન્યના ચિહ્ન પર સ્થિર થાય છે કે માપક્રમ Gના મધ્યના શૂન્યના ચિહ્નની બંને બાજુ સમાન ખસે છે. જો આમ ન હોય તો બીમ (સળિયા)ના બે છેડા પર આપેલ બે બેલેન્સિંગ સ્ક્રૂ B_1 અને B_2 ને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી દર્શક મધ્યના શૂન્યના ચિહ્નની ગમે તે બાજુ સરખું ઝૂલે અથવા મધ્યના શૂન્યના ચિહ્ન પર સ્થિર થાય.

   ચેતવણી : બેલેન્સિંગ સ્ક્રૂને ગોઠવતાં પહેલાં બેલેન્સ (તુલા)ને એરેસ્ટ રાખો.
9. બેલેન્સ (તુલાની) કાચની પેટીના દરવાજા ખોલો. જે પદાર્થનું દ્રવ્યમાન (M) માપવાનું હોય, તેને ડાબા પલ્લામાં મૂકો અને યોગ્ય પ્રમાણમાં દ્રવ્યમાન M_1 (જે પદાર્થના આશરે અંદાજિત દ્રવ્યમાન કરતાં વધારે હોવું જોઈએ)ને બેલેન્સ (તુલા)ના જમણી બાજુના પલ્લામાં મૂકો. આ સ્થિતિમાં બેલેન્સ (તુલા) તેની સામાન્ય (એરેસ્ટેડ) સ્થિતિમાં છે. એટલે કે જ્યારે બીમ (સળિયો) B નીચે અને આધાર X_1 અને X_2 પર ગોઠવાયેલ હોય. વજનપેટીમાંથી પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન બહાર કાઢવા તેમજ પાછા મૂકવા માટે હંમેશા ચીપિયાઓનો ઉપયોગ કરો.

   ડાબી બાજુના પલ્લામાં પદાર્થ અને જમણી બાજુના પલ્લામાં દ્રવ્યમાન મૂકવાનું મનસ્વી છે અને આ પસંદ કરવાનું કારણ પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાનને સહેલાઈથી સંભાળી શકાય તે છે. ડાબોડી વ્યક્તિ જમણી બાજુના પલ્લામાં પદાર્થ અને ડાબી બાજુના પલ્લામાં પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન મૂકવાનું પસંદ કરી શકે છે. અહીં એ પણ સલાહ ભરેલું છે કે વજન પેટી પાટીયા Wના છેડાની નજીક અને જે પલ્લામાં પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન મૂકતા હોય, તેની તરફ રાખવી.
10. દટ્ટા Kનો ઉપયોગ કરીને સળિયા (બીમ)ને હળવાશથી ઊંચકો હવે બીમ (સળિયા)ની છરીની ધાર E સ્તંભ Vની ટોચ પર જડિત કરેલ પ્લેટ T પર ગોઠવાશે) અને દર્શક Pની

ગતિ નિહાળો. તે માપક્રમની એક બાજુ ખસેલો અથવા માપક્રમ Gના મધ્યસ્થ શૂન્ય ચિહ્નની કોઈ એક દિશામાં વધારે દોલિત થતો હોઈ શકે.

નોંધ : અવલોકન લેતાં હોય ત્યારે પલ્લાં સહેજ પણ ઝૂલવાં જોઈએ નહિ. જો તુલાની એરેસ્ટિંગ સ્થિતિમાં પલ્લાં ઝૂલતા હોય તો પલ્લાંને કાળજીપૂર્વક આંગળી અડકાવીને સ્થિર કરો.

11. તપાસો કે M_1 એ M કરતાં વધારે છે કે ઓછું આ હેતુ માટે બીમ (સળિયા)ને તેની પૂર્ણ સ્થિતિમાં ઉંચકેલ હોવું જોઈએ.
12. ભૌતિક તુલાને ગોઠવો. ચીપિયાનો ઉપયોગ કરી જમણી બાજુના પલ્લામાં બીજુ પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન (M_2) મૂકો. જો M_1 દ્રવ્યમાન M કરતાં વધારે હોય તો M_2 ઓછું હોવું જોઈએ અને તેનાથી ઉલ્ટું પણ.
13. સળિયાને ઊંચકો અને દર્શક Pની ગતિ નિહાળો અને તપાસો કે જમણા પલ્લામાં મૂકેલ પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન એ હજુ દ્રવ્યમાન M કરતાં વધારે (કે ઓછું) છે જેથી દર્શક કોઈ એક દિશામાં વધુ દોલિત થાય છે. જો એવું હોય તો પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન ગ્રામમાં હોય તે રીતે રાખી દર્શક P માપક્રમ Gના શૂન્ય ચિહ્નની બંને બાજુ લગભગ એક સરખું ઝૂલે ત્યાં સુધી પદ 12 પુનરાવર્તિત કરો. પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન કે જે જમણી બાજુના પલ્લામાં મૂકેલ છે તે પદાર્થના દ્રવ્યમાન કરતાં સહેજ હલકું હોવું જોઈએ. જે પદાર્થના દ્રવ્યમાન Mના માપનમાં 1 gની ચોકસાઈનું પરિણામ દર્શાવે છે. બીમ (સળિયા) Bને નીચે ઉતારો.
14. દ્રવ્યમાનના સૂક્ષ્મ માપ માટે જમણી બાજુના પલ્લામાં વધારાના મિલિગ્રામના દ્રવ્યમાન ઘટતા ક્રમમાં ઉમેરતા જાવ જ્યાં સુધી દર્શક માપક્રમ Gના મધ્યસ્થ શૂન્ય ચિહ્નની બંને બાજુ લગભગ સરખા વિભાગ સુધી ઝૂલે ત્યાં સુધી દ્રવ્યમાન ઘટાડતા જાવ. (મિલીગ્રામ અને તેના નાના વજનને પકડવા માટે તેના ઉપર વળેલા છેડાને ચિપિયા વડે પકડો.) સંતુલિત સ્થિતિમાં (એટલે કે બંને પલ્લામાં મૂકેલા દ્રવ્યમાન સમાન થાય ત્યારે) દર્શક મધ્યસ્થ શૂન્યના ચિહ્ન પર ગોઠવાશે. હવાના જોકાને લીધે ઉદ્‌ભવતી ખલેલને રોકવા માટે કાચની પેટીના દરવાજા બંધ રાખો.

નોંધ : જ્યાં સુધી મિલીગ્રામના દ્રવ્યમાન ઉમેરતા હોય કે દૂર કરતા હોય, ત્યાં સુધી તુલાનો (બેલેન્સનો) બાર (સળિયો) B તેના પૂર્ણપણે ઊંચકવો નહિ. દર્શકની સ્થિતિ બીમ (સળિયા)ને હળવાશથી અને ટૂંકા સમય માટે ઊંચકીને જોઈ લેવી.

15. તુલાને એરેસ્ટ કરો અને જમણી બાજુના પલ્લામાંથી દ્રવ્યમાન એક પછી એક બહાર કાઢો અને કુલ દ્રવ્યમાનની નોટબુકમાં નોંધ કરો. તે દ્રવ્યમાનોને વજનપેટીમાં તેમની યોગ્ય જગ્યાએ ફરીથી ગોઠવી દો. ડાબી બાજુના પલ્લામાંથી પદાર્થને પણ દૂર કરો.
16. એક જ પદાર્થ માટે પદ 9થી 15 વધુ બે વાર પુનરાવર્તિત કરો.
17. આપેલા બીજા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન નક્કી કરવા પદ 9થી 15 પુનરાવર્તિત કરો.

    બીજા પદાર્થ માટે અવલોકનો સમાન કોષ્ટક E 4.1માં નોંધો.

અવલોકનો :

કોષ્ટક E 4.1 પહેલા પદાર્થ માટે દ્રવ્યમાન

ક્રમ નં.	પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન		પદાર્થનું દ્રવ્યમાન
	ગ્રામભાર x	મિલિગ્રામભાર y	$(x + y)$
	(g)	(mg)	(g)
(1)			
(2)			
(3)			

પહેલા પદાર્થનું સરેરાશ દ્રવ્યમાન = ... g

કોષ્ટક E 4.2 બીજા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન

ક્રમ નં.	પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન		પદાર્થનું દ્રવ્યમાન
	ગ્રામભાર x	મિલિગ્રામભાર y	$(x + y)$
	(g)	(mg)	(g)
(1)			
(2)			
(3)			

બીજા પદાર્થનું સરેરાશ દ્રવ્યમાન = ... g

પરિણામ

આપેલા પહેલા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન = ... g અને બીજા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન = ... g છે.

સાવચેતીઓ

1. ભૌતિક તુલા વડે માપેલ દ્રવ્યમાનમાં ચોકસાઈ તેમાં રહેલી લઘુમાપ ત્રુટિના આધારે નક્કી કરી શકાય છે. જે છરીની ધાર E અને પ્લેટ T વચ્ચેના ઘર્ષણના લીધે ઉદ્‌ભવતી હોય છે. ઘર્ષણ સંપૂર્ણપણે દૂર કરી શકાતું નથી. તેમ છતાં, જ્યારે છરીની ધાર તીક્ષ્ણ અને પ્લેટ સરળ હોય ત્યારે તેને ઘટાડી શકાય છે. તુલાના બીજા બધા ભાગોમાં ઉદ્‌ભવતું ઘર્ષણ ઘટાડવા માટે તુલાના બધા જ ભાગ સૂકા અને સ્વચ્છ હોવા જોઈએ.
2. દ્રવ્યમાન હંમેશા ઘટતાક્રમના મૂલ્યમાં ઉમેરવા જોઈએ. દ્રવ્યમાન પલ્લાના મધ્યમાં મૂકવાં જોઈએ.
3. તુલાની ક્ષમતા કરતાં વધારે દ્રવ્યમાન મૂકવું ન જોઈએ. સામાન્ય રીતે ભૌતિક તુલા 250 g સુધીના દ્રવ્યમાનના માપન માટે બનાવેલ હોય છે.

4. ભૌતિક તુલા વડે ગરમ અને ઠંડા પદાર્થોના દ્રવ્યમાન કરવાનું ટાળવું જોઈએ. તે જ રીતે ક્રિયાશીલ પદાર્થો જેવા કે રસાયણો, પ્રવાહી અને પાવડર સીધેસીધાં પલ્લામાં મૂકવા નહિ.

ત્રુટિઓના ઉદ્ગમ

1. તુલાના જુદા જુદા ભાગોમાં હંમેશાં થોડી ત્રુટિ ઘર્ષણના લીધે ઉદ્ભવે છે.
2. ભૌતિક તુલાની ચોકસાઈ 1 mg છે. આ મર્યાદામાં સાધનની શક્ય ત્રુટિ આવી શકે.

ચર્ચા

આપેલ મૂલ્ય કરતાં પ્રાયોગિક મૂલ્યમાં ફેરફાર થવાના ઘણાં પરિબળો હોઈ શકે.

1. વજન મૂકવા કે બહાર કાઢવા ચીપિયાનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. નહીંતર ધૂળના રજકણો તેમના પર ચોંટી જાય અને તે વજનની ગણતરીમાં આવી જાય.
2. સામાન્ય વલણ એવું રહેલું છે કે લેવલિંગ સ્ક્રૂ અને બેલેન્સિંગ સ્ક્રૂથી બીમ અથવા ભૌતિક તુલાને તેનો ઉપયોગ કરવાના પહેલાં જ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

1. ચોક્કસ માપન માટે કાચની પેટીના દરવાજા બંધ કરવા શા માટે જરૂરી છે ?
2. બે ભૌતિક તુલામાંથી એકમાં સમાન ભૂજાઓ અને બીજામાં અસમાન ભૂજાઓ છે. તો કઈ ભૌતિક તુલા વાપરવી જોઈએ ? જ્યારે અસમાન ભૂજાવાળી ભૌતિક તુલાનો ઉપયોગ કરીએ ત્યારે કયા વધારાના પગલાં લેવાં જોઈએ ?
3. વજનપેટીમાંથી વાપરી શકાય તેવું લઘુત્તમ દ્રવ્યમાન 10 g છે. તો સાધનની શક્ય ત્રુટિ શોધો.
4. જો પલ્લામાં દ્રવ્યમાન મૂકવાને બદલે,પલ્લુ P_1 જે જગ્યાએ લટકાવેલું છે તે હૂક S_1 સાથે પદાર્થ (સ્ટીલના બ્લોક)ને લટકાવવામાં આવે તો માપેલ દ્રવ્યમાન સમાન હશે કે જુદુ જુદુ ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. દ્રવ્યના અછિદ્રાળુ બ્લૉકની ઘનતા નક્કી કરો અને આર્કિમિડિઝનાં સિદ્ધાંતની ચકાસણી કરો.

   Hint : પહેલાં નાના બ્લૉક (સ્ટીલના બ્લૉક)ને હૂક S_1 થી લટકાવો અને તેનું હવામાં દ્રવ્યમાન નક્કી કરો. હવે, લટકાવેલ બ્લૉકને પાણીથી અડધા ભરેલા અંકિત નળાકારમાં મૂકો. બ્લૉકનું પાણીમાં દ્રવ્યમાન માપો. શું આ સરખા છે ? વધારે છે કે ઓછું ? સ્ટીલ બ્લૉકનું કદ પણ શોધો. બ્લૉકના દ્રવ્યની ઘનતા શોધો. સ્ટીલના બ્લૉકના હવામાં અને પાણીમાં માપેલા દ્રવ્યમાનની મદદથી આર્કિમિડિઝનો સિદ્ધાંત ચકાસો.

પ્રયોગ 5

હેતુ

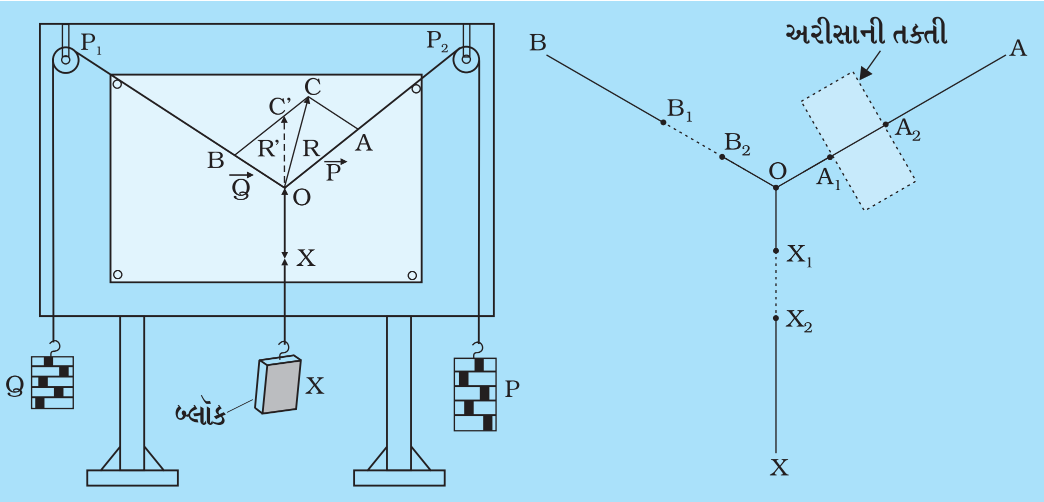
સદિશ સરવાળા માટેના સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના નિયમની મદદથી આપેલા પદાર્થ (લાકડાના બ્લૉક)નું વજન માપવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

હૂક લગાડેલ આપેલ પદાર્થ સદિશના સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના નિયમનું સાધન (ગ્રેવસેન્ડનું સાધન) મજબૂત દોરો, સ્લોટ પાડેલા વજનના બે સેટ, સફેદ કાગળ, અરીસાની પાતળી પટ્ટી, અણીદાર પેન્સિલ.

સામગ્રીનું વર્ણન

ગ્રેવસેન્ડનું સાધન : લાકડાના એક બોર્ડને ઊભા લાકડાના બે સ્તંભ પર આકૃતિ E 5.1 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જડિત કરેલું છે. બે ગરગડીઓ P_1 અને P_2ને ઉપરની બાજુએ બે ખૂણે મૂકેલ છે. જેના પર વજન લટકાવવાનું છે તે હેંગરને દોરી વડે પુલી (ગરગડી) પરથી પસાર કરી છેડા પર P અને Q બે બળો હેંગરમાં વજન લટકાવી લગાડવામાં આવે છે. જેનું વજન શોધવાનું છે તે પદાર્થને દોરીની મધ્યમાંથી X-બળ વડે લગાડેલ છે.



આકૃતિ E 5.1 (a) : ગ્રેવસેન્ડનું સાધન

આકૃતિ E 5.1 (b) : સ્કેલ પર અંકન કરેલા બળો

સિદ્ધાંત

સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના સદિશ સરવાળાના નિયમ પર આ સાધન કાર્ય કરે. નિયમ અનુસાર ‘‘જ્યારે એક જ બિંદુએ લાગતા બે બળોને તેમના મૂલ્ય અને દિશા અનુસાર સમાંતરબાજુ ચતુષ્કોણની બે બાજુઓ તરીકે લેવાય ત્યારે પરિણામી બળ મૂલ્ય અને દિશાની રીતે સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના વિકર્ણ પરથી થઈ જે બિંદુએ બળો લાગે છે તે બિંદુમાંથી પસાર થાય છે.’’

જો P અને Q બે બળોના મૂલ્યો હોય તથા θ તેમની વચ્ચેનો ખૂણો હોય તો પરિણામી બળ,

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$$

બે જ્ઞાત બળો P અને Q તથા ત્રીજુ અજ્ઞાત બળ જે પદાર્થના વજન વડે લગાડેલ છે તે બધા બિંદુ ‘O’ પર એવી રીતે લાગે છે, (આકૃતિ 5.1 (a)). જેથી તે બધા સંતુલનમાં રહે, આ અજ્ઞાત બળ એ બે બળોના પરિણામી જેટલું છે. આમ, આપેલા પદાર્થના વજન શોધી શકાય છે.

પદ્ધતિ

1. ઓળંબાની મદદથી ગ્રેવસેન્ડના સાધનને શિરોલંબ સ્થિતિમાં ગોઠવો. ગરગડીઓ ઘર્ષણરહિત ફરે છે તેની ખાતરી કરો. લાકડાના બોર્ડ પર સફેદ પેપરની શીટ ડ્રોઇંગપીનની મદદથી લગાડો.
2. એક દોરીનો લાંબો (પૂરતો) ટૂકડો લઈ તેના છેડે બે હેંગર લટકાવો. બીજી એક ટૂંકી દોરી લઈ તેને પ્રથમ દોરીના મધ્યમાં બાંધી ગાંઠ ‘O’ બનાવો અને તેના છેડે અજ્ઞાત વજન લટકાવો. તેમને ગરગડી પર આકૃતિ E 5.1 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ખાંચાવાળા (સ્લોટવાળા) વજન સહિતના હેંગર સાથે લટકાવો.
3. હેંગરમાં એવી રીતે વજન લટકાવો કે જેથી દોરીઓથી બનેલું જંક્શન પેપરના નીચેના અર્ધભાગમાં સંતુલિત રહે છે. એ વાતની ખાતરી કરો કે વજન અથવા દોરી બોર્ડ કે ટેબલના કોઈપણ ભાગને સ્પર્શે નહિ.
4. ઘર્ષણ ન લાગતું હોય, તે જગ્યાએ ત્રણ દોરીની ગાંઠ ને લાવો. પહેલાં ગાંઠને ઘર્ષણ ન લાગતું હોય ત્યાંથી થોડી દૂર લાવો, પછી છોડી દેતાં તે આપોઆપ ઘર્ષણ લાગતું નથી તે જગ્યાએ પહોંચી જાય છે. કેમકે તે સંતુલનમાં નથી, જ્યારે તે ફરે ત્યારે બોર્ડને હળવેથી પકડી રાખો. જે બિંદુ એ ગાંઠ આવીને સ્થિર ઊભી રહે તે એ બિંદુ છે જ્યાં ઘર્ષણ નથી. તે બિંદુ પર નિશાન કરો. વધારે વખત આ રીપીટ કરો. જુદી-જુદી દિશામાંથી ગાંઠ ઘર્ષણ લાગતું ન હોય તે સ્થિતિમાં આવે અને સ્થિર થાય ત્યાં નિશાન કરો. આ બધા બિંદુઓના કેન્દ્રને શોધી (અંદાજીત) ત્યાં ‘O’ નિશાન કરો.

5. દોરી પર લાગતા બળને અંકિત કરો અને કાગળની નીચે કાચની (અરીસાની) પટ્ટી મૂકો. આંખની સ્થિતિને ફેરવી દોરી અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચેનો દૃષ્ટિસ્થાનભેદ દૂર કરો અને અરીસાની ધાર પાસેના બે બિંદુઓ A_1 અને A_2 અંકિત કરો (આકૃતિ 5.1 (b)). આ જ રીતે અન્ય બે બળોની દિશાને બિંદુઓ B_1 અને B_2 તથા X_1 અને X_2 વડે OB અને OX પર અનુક્રમે નિશાનથી અંકિત કરો.
6. હેંગરને દૂર કરી, દરેક હેંગરનું વજન અને તેમાં લગાડેલા સ્લોટવાળા વજન શોધો.
7. બોર્ડને ટેબલ પર મૂકી, બિંદુઓની નિશાન કરેલી (પેપર પર) ત્રણ જોડીઓને જોડો. આ રેખાઓને લંબાઈ 'O' બિંદુમાં ભેગી કરો. આ ત્રણ રેખાઓ, ત્રણ બળોની દિશા દર્શાવે છે.
8. યોગ્ય પ્રમાણમાપ લો (0.5 N) (50 g wt) = 1 cm અને લંબાઈઓ OA અને OB જે બિંદુ O પર લાગતાં અનુક્રમે P અને Q બળો દર્શાવે છે. સ.બા.ચ. OACB પૂર્ણ કરો જેની પાસેની બાજુઓ OA અને OB હોય. પ્રમાણમાપ એવી રીતે લો, કે જેથી દોરેલો સ.બા.ચ. પેપરસીટ પર મહત્તમ ક્ષેત્રફળ રોકે.
9. બિંદુઓ O અને Cને જોડો. OCની લંબાઈથી આપેલા પદાર્થનું વજન મપાય છે. જોઈ લો કે OC સીધી રેખા XO પર છે કે નહિ, જો ના હોય તો તેને BC સાથે બિંદુ C′ એ મળવા દો. ખૂણો COC′ માપો.
10. પદ 1થી 9નું જુદા જુદા વજનના બે સેટ લગાવી પુનરાવર્તન કરો અને અજ્ઞાત વજનનું સરેરાશ ગણો.

અવલોકનો

દરેક હેન્ગરનું વજન = ... N

સ્કેલ 1 cm = ... N

કોષ્ટક E 5.1 આપેલા પદાર્થના વજનનું માપન

ક્રમ નં.	બળ P = Wt હેન્ગર અને સ્લોટવાળા વજનિયાનું વજન		બળ = Q = Wt સ્લોટવાળા વજનિયાં + હેન્ગરનું વજન		લંબાઈ OC = L	અજ્ઞાત વજન = L × S	ખૂણો COC′
	P (N)	OA (cm)	Q (N)	OB (cm)	(cm)	(N)	
(1)							
(2)							
(3)							

પરિણામ

આપેલા પદાર્થનું શોધાયેલું વજન = ... N

સાવચેતીઓ

1. ગ્રેવસેન્ડના સાધનના બોર્ડને ટેબલ પર લંબ મૂકેલ છે. ઓળંબાની મદદથી તે શિરોલંબ છે કે નહિ તે ચેક કરો. જો ના હોય તો તેના પાયાની નીચે પેકીંગ મૂકી ટેબલની ઉપરની સપાટીને સમાંતર બનાવો.
2. ગરગડીઓ મુક્ત રીતે ફરી શકે તેની કાળજી રાખો. એટલે કે ગરગડી અને ધરી વચ્ચે ખૂબ ઓછું ઘર્ષણ હોય.

ત્રુટીના ઉદ્‌ગમો

1. ઓઇલીંગ કર્યા પછી પણ ગરગડીઓમાં ઘર્ષણ લાગે છે.
2. સ્લોટ પાડેલા વજનિયાં ચોક્સાઇવાળા હોતા નથી.
3. દોરી પર સ્થિતિઓના નિશાન કરતી વખતે થોડી અચોક્કસાઇ થઈ શકે છે.

ચર્ચા

1. ગ્રેવસેન્ડનું સાધન સદિશ સરવાળાના સ.બા.ચ.ના બળ માટેના નિયમ તથા ત્રિકોણના નિયમને તપાસવા માટે વપરાય છે. આ તપાસવા આ જ પદ્ધતિમાં અજ્ઞાત વજનના સ્થાને પ્રમાણિત વજન લગાવાય છે.
2. ઘર્ષણ જ્યાં લાગતું નથી, તે બિંદુ (ત્રણ દોરીઓના જંકશન માટે) શોધવાની પ્રયોગ પદ્ધતિ તદ્દન યોગ્ય છે. જો તમે બીજી કોઈ પદ્ધતિથી તપાસવા માંગતા હોય તો જંકશનને છેક ડાબી, છેક જમણી, સૌથી ઉપર, સૌથી નીચે જેવી સ્થિતિઓએ લઈ જાઓ, જ્યાં તે રહી શકે છે, ત્યાં ઘર્ષણ મહત્તમ છે. આ ચાર સ્થિતિઓનું કેન્દ્ર એ જ્યાં ઘર્ષણ નથી એ બિંદુ છે.
3. જો ઘર્ષણ લાગતું નથી તે બિંદુ જો ચોક્સાઇપૂર્વક શોધવામાં ન આવે તો તેની શું અસર થાય ? લાગતાં ત્રણ વજનબળો ઉપરાંત ચોથું ઘર્ષણબળ લાગે. આ ચારેય બળો સંતુલનમાં છે. આથી P અને Qનું પરિણામી ઉર્ધ્વદિશામાં ના પણ હોઈ શકે એટલે કે Xની સંપૂર્ણ વિરુદ્ધ ના પણ હોઈ શકે.
4. ઘણીવાર સ્લોટવાળા વજનિયાંની લખેલી કિંમતમાં મોટી ત્રુટી હોય છે, તેથી P અને Qની કિંમતોને સ્પ્રિંગતુલાથી તપાસવી હિતાવહ છે. Xના પરિણામને પણ સ્પ્રિંગતુલાથી તપાસવું હિતાવહ છે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. સદિશ સરવાળા માટે સ.બા.ચ.નો નિયમ લખો.
2. આપેલા બે બળો માટે :

   (a) પરિણામી બળનું મહત્તમ મૂલ્ય.

   (b) પરિણામી બળનું લઘુત્તમ મૂલ્ય શું હોઈ શકે ?
3. કઈ પરિસ્થિતિમાં સમાંતર બાજુ, સમબાજુ થઈ શકે ?
4. જો લાગતા ત્રણેય બળો મૂલ્યમાં સમાન હોય તો સમાંતરબાજુને કેવી રીતે સુધારી શકાય ?
5. જ્યારે ગાંઠ સંતુલિત સ્થિતિમાં હોય , ત્યારે ગરગડી પર કોઈ બળ લાગશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓનું સૂચન

1. પદાર્થની (અજ્ઞાત વજનવાળા) સ્થિતિની અન્ય બળોની સ્થિતિ સાથે અદલાબદલી કરી અન્ય પદાર્થનું વજન શોધવું.
2. બંને બળો સરખા રાખી અને અજ્ઞાત વજનને બદલાતાં જઈ બે બળો વચ્ચેના ખૂણાનો અભ્યાસ કરો.
3. સદિશોના સ.બા.ચ.ના નિયમનો ઉપયોગ કરી નળાકારના દ્રવ્યની ઘનતા અંદાજવાની યોગ્ય પદ્ધતિ જણાવો.
4. સદિશો માટેના સ.બા.ચ.ના નિયમને નીચેની પરિસ્થિતિમાં લાગુ કરો.

   (a) ગિલોલ (b) તીરકામઠું (c) હેન્ડગ્લાઇડીંગ

   (d) પતંગ (e) સાઇકલ પેડલીંગ

પ્રયોગ 6

હેતુ :

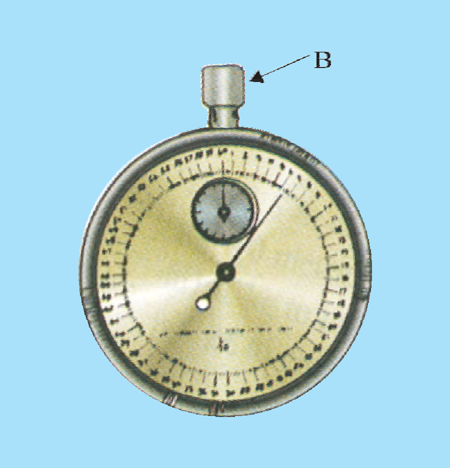
સાદા લોલકની મદદથી L – T અને L – T^2ના આલેખ દોરો અને યોગ્ય આલેખનો ઉપયોગ કરી સેકન્ડ લોલકની અસરકારક લંબાઈ શોધો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી :

ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડ, બૂચના ટુકડા, હુકવાળો ધાતુ (બ્રાસ/લોખંડ)નો ગોળો, લાંબી મજબૂત દોરી (લગભગ 2 m), સ્ટોપ વૉચ, મીટરપટ્ટી, આલેખ પેપર, પેન્સિલ, રબર.

સ્કૂલ પ્રયોગશાળામાં સમય માપતા સાધનોનું વર્ણન :

સ્કૂલ પ્રયોગશાળામાં સમય માપન માટે વપરાતું સૌથી સામાન્ય સાધન સ્ટોપ વૉચ અથવા સ્ટોપ ક્લૉક છે. તેમના નામ પરથી કહી શકાય કે પ્રયોગ કર્તાને જરૂર પડે તે પ્રમાણે તેને ચાલુ કે બંધ કરવાની વ્યવસ્થા હોય છે.



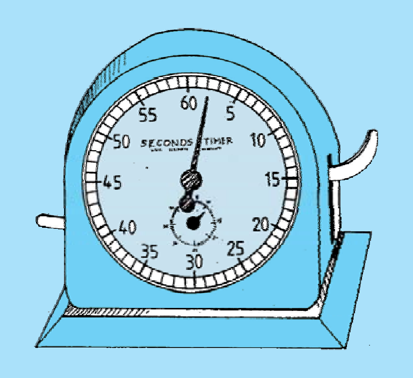
આકૃતિ E 6.1 (a) : સ્ટોપ વૉચ

(a) **સ્ટોપ વૉચ :** સ્ટોપ વૉચ એ ખાસ પ્રકારની ઘડિયાળ છે. તેને બહુહેતુક દટ્ટો અથવા બટન (B) હોય છે. જેની મદદથી સ્ટોપ વૉચ ચાલુ/બંધ/શૂન્ય પર પરત જઈ શકાય છે. (આકૃતિ E 6.1 (a)) તેને બે વર્તુળાકાર ડાયલ હોય છે. મોટું ડાયલ એ મોટા સેકન્ડ કાંટા માટે અને નાનું ડાયલ એ નાના મિનિટ કાંટા માટે છે. સેકન્ડ કાંટા માટેના ડાયલમાં 30 સમાન વિભાગો હોય છે. દરેક વિભાગ 0.1 સેકન્ડ રજૂ કરે છે. સ્ટોપ વૉચનો ઉપયોગ કરતાં પહેલાં તેનું લઘુત્તમ માપ શોધવું પડે. એક પરિભ્રમણમાં સેકન્ડ કાંટો 30 સેકન્ડ (કાળા રંગથી લખેલ)નો સમય અને પછી બીજા પરિભ્રમણમાં બીજી 30 સેકન્ડનો સમય કાપે છે. (લાલ રંગથી લખેલ) આથી લઘુત્તમ માપ 0.1 s થશે.

(b) **સ્ટોપ ક્લૉક :** સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ 0.1 s હોય છે. આકૃતિ E 6.1 (a) જ્યારે સ્ટોપ ક્લૉકનું લઘુત્તમ માપ 1 s હોય છે. આથી, સ્કૂલ પ્રયોગશાળામાં વધારે ચોક્સાઈથી સમયગાળાના માપન માટે સ્ટોપ વૉચ વધુ ઈચ્છનીય છે. જો કે હવે ડિજિટલ સ્ટોપ વૉચ પણ પ્રાપ્ય છે. આ પ્રકારની ઘડિયાળમાં બટન દબાવીને તેને ચાલુ કરી શકાય છે અને તે જ બટનને ફરી એકવાર દબાવીને બંધ કરી શકાય છે. પસાર થયેલો સમયગાળો ઘડિયાળમાં સીધેસીધો જોવા મળશે.

પદ અને વ્યાખ્યાઓ

1. **સેકન્ડ લોલક :** આ એ પ્રકારનું લોલક છે કે જે એક તરફના છેડાના મહત્તમથી બીજી તરફના છેડાના મહત્તમ સુધી જવા ચોક્કસાઈથી 1 સેકન્ડનો સમય લે છે. આમ, તેનો આવર્તકાળ ચોક્સાઈપૂર્વક 2 સેકન્ડ છે.
2. **સાદુ લોલક :** બિંદુવત્ દ્રવ્યમાનને અતન્ય દ્રવ્યમાન વગરની દોરી વડે દૃઢ આધાર પરથી લટકાવેલ છે. વ્યવહારમાં ઊંચી દ્રવ્ય ઘનતા ધરાવતો નાનો, દળદાર, ઘન ગોળો કે જેની ત્રિજ્યા r એ લોલકની લંબાઈ કરતાં ખૂબ જ ઓછી હોય, તેને વજન વગરની ખેંચી ન શકાય તેવી દોરીના છેડે લટકાવેલ હોય છે અને દોરીનો બીજો છેડો ક્લેમ્પ સાથે જડિત હોય છે. આકૃતિ E 6.2 (a) એ આદર્શ સાદા લોલકની અસરકારક ગોઠવણી દર્શાવે છે.



આકૃતિ E 6.1 (b) **: સ્ટોપક્લોક**

3. **લોલકની અસરકારક લંબાઈ :** જ્યાંથી લટકાવેલ છે તે બિંદુ અને ગોળાના કેન્દ્ર (ગુરુત્વકેન્દ્ર) વચ્ચેના અંતર L, $L = l + r + e$ ને અસરકારક લંબાઈ કહે છે. જ્યાં, l એ ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડથી હૂકના ઉપરના બિંદુ સુધી લંબાઈ, e એ હૂકની લંબાઈ અને r એ ગોળાની ત્રિજ્યા છે.

સિદ્ધાંત

સાદુલોલક **સરળ આવર્તગતિ (સ.આ.ગ.)** કરે છે. જેમાં લોલકના ગોળાનો પ્રવેગ એ તેના મધ્યમાન સ્થાનથી અંતરના સમપ્રમાણમાં અને હંમેશાં મધ્યમાન સ્થાન તરફની દિશામાં હોય છે. સાદા લોલકના નાના કંપવિસ્તાર સાથેના દોલનો માટેનો આવર્તકાળ નીચેના સૂત્ર દ્વારા આપી શકાય છે.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad \text{(E 6.1)}$$

જ્યાં, L લોલકની લંબાઈ અને g એ પ્રયોગ જે સ્થળે કરતા હોય તે સ્થળનો ગુરુત્વપ્રવેગ છે.

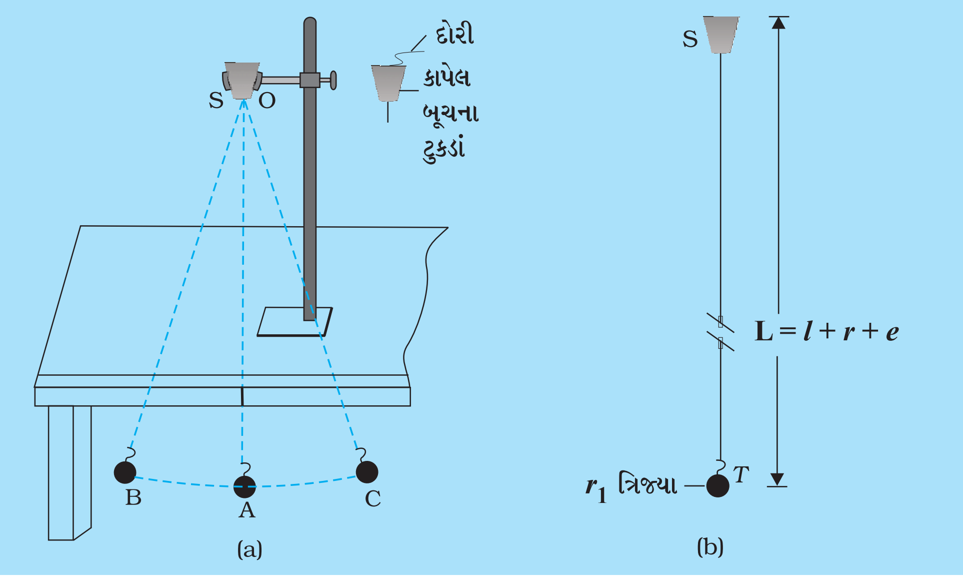
સમીકરણ 6.1 નીચે મુજબ પણ લખી શકાય.

$$T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g} \qquad \text{(E 6.2)}$$

પદ્ધતિ

1. ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડને ટેબલ પર મૂકો. લોલકના ગોળા સાથે લગાડેલા હૂક સાથે લગભગ 150 cm લંબાઈની દોરી બાંધો. દોરીનો બીજો છેડો બે ભાગમાં વિભાજિત બૂચમાંથી પસાર કરો.

2. બે ભાગમાં વિભાજિત બૂચને ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડમાં મજબૂત એવી રીતે ગોઠવો કે બૂચને બે ભાગમાં વિભાજિત કરતી રેખાએ OA રેખાને કાટખૂણે ગોઠવાય અને તે રેખાની દિશામાં લોલક દોલનો કરી શકે. (આકૃતિ E 6.2 (a)). ચોકના ટુકડા અથવા શાહીથી શિરોલંબ દિશામાં રહેલા દોરા OAને સમાંતર અને તેની પાછળ રહે તેમ નિશાન કરો જે લોલકની સ્થિર સ્થિતિ છે. ધ્યાન રાખો કે ગોળો શિરોલંબ રીતે (તળિયાથી લગભગ 2 cm ઊંચે) ટેબલની ધારથી થોડે દૂર રહેવો જોઈએ કે જેથી તે મુક્ત રીતે દોલનો કરી શકે.
3. સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ આકૃતિ E 6.2 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે માપો.



આકૃતિ E 6.2 (a) : સાદુ લોલક; B અને C અંત્યબિંદુઓના સ્થાન દર્શાવે છે.

આકૃતિ E 6.2 (b) : સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ

4. ગોળાને શિરોલંબ દિશા OA સાથે કોઈ એક તરફ 15° કરતાં વધુ ન હોય, તેવા ખૂણે કોણીય સ્થાનાંતરિત કરી, ધીમેથી મુક્ત કરો. જો તમને એમ લાગે કે સ્ટેન્ડ હાલક-ડોલક થાય છે તો સ્ટેન્ડના પાયા પર કોઈ વજનદાર વસ્તુ મૂકો. એ ધ્યાન રાખો કે લોલકનો ગોળો તેની સ્થિર સ્થિતિ (અથવા મધ્યમાન સ્થાન) OAને અનુલક્ષીને શિરોલંબ દિશામાં દોલનો કરવાનું ચાલુ કરે ત્યારે (i) તેની પોતાની અક્ષને અનુલક્ષીને ભ્રમણ અથવા (ii) ઉપર કે નીચે તરફ દોલનો અથવા (iii) તેના મધ્યમાન સ્થાનની આસપાસ ઉપવલય કક્ષામાં ભ્રમણ કરતો હોવો જોઈએ નહિ.
5. લોલકને થોડા સમય સુધી દોલિત થવા દો. થોડા દોલનો પૂર્ણ થાય પછી જ્યારે લોલકના ગોળા સાથે બાંધેલી દોરી મધ્યમાન સ્થાનથી (ધારોકે ડાબેથી જમણે) પસાર થાય ત્યારે સ્ટોપ વૉચ/ક્લોક ચાલુ કરો. તેને શૂન્ય દોલન ગણો.
6. જ્યારે જ્યારે લોલકનો ગોળો મધ્યમાન સ્થાન OAથી તે જ દિશામાં (ડાબેથી જમણે) તરફ જાય ત્યારે દોલનો ગણવાનું 1, 2, 3.....*n* ચાલુ રાખો. *n* દોલનો (20 અથવા 25) પૂર્ણ થાય

ત્યારે સ્ટોપ વૉચ/ક્લૉક બંધ કરો. n એવી રીતે પસંદ કરવો જોઈએ કે n દોલનો પૂર્ણ કરવા લાગતો સમય 50 s અથવા વધારે હોય. લોલકને n દોલનો પૂર્ણ કરવા લાગતો કુલ સમય (t) નોંધો. n દોલનો માટેના આ અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરી તે માટે લાગતો સમય નોંધો આ અવલોકનોની સરેરાશ લો. લોલકને એક દોલન પૂર્ણ કરવા લાગતો સમય એટલે કે આવર્તકાળ $T\left(=\frac{t}{n}\right)$ શોધો.

7. લોલકની લંબાઈ 10 cm જેટલી બદલો. પદ 6 ફરીથી નવી લંબાઈ માટે (t) સમયના માપન માટે 20 દોલનો અથવા વધારે દોલનો માટે પુનરાવર્તિત કરો અને સરેરાશ સમય શોધી આવર્તકાળ શોધો. લોલકની જુદી જુદી લંબાઈ માટેના બીજા 5 અથવા 6 અવલોકનો લો અને દરેક કિસ્સામાં સરોરાશ સમય અને આવર્તકાળ શોધો.
8. અવલોકનો અવલોકન કોઠામાં યોગ્ય એકમ અને સાર્થક અંકો સહિત નોંધો.
9. અસરકારક લંબાઈ (L), x-અક્ષ પર અને T^2 (અથવા T) y-અક્ષ પર લો અને કોષ્ટક E 6.1માં નોંધેલ અવલોકનોનો ઉપયોગ કરીને આ અક્ષો પર L અને T^2 (અથવા T)ને રજૂ કરવા યોગ્ય પ્રમાણમાપ પસંદ કરો. L અને T^2નો આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 6.4 અનુસાર) અને L અને T વચ્ચેનો પણ આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 6.3) L – T^2 અને L – T ના આલેખના આકાર કેવા મળે ? આ આકારોને ઓળખો.

અવલોકનો

(i) આપેલ લોલકના ગોળાની ત્રિજ્યા = ... cm

(ii) આપેલ હૂકની લંબાઈ e = ... cm

(iii) મીટર માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... mm = ... cm

(iv) સ્ટોપ વૉચ/ક્લૉકનું લઘુત્તમ માપ = ... s

કોષ્ટક E 6.1: સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ અને આવર્તકાળનું માપન

ક્રમ	આધાર બિંદુથી ગોળાના હૂક સુધી દોરીની લંબાઈ l	અસરકારક લંબાઈ $L = (l + r + e)$		ગણેલા દોલનોની સંખ્યા n	n દોલનો માટેનો સમય t (s)				આવર્તકાળ $T\left(=\frac{t}{n}\right)$	t^2
		cm	m		(i)	(ii)	(iii)	સરેરાશ t (s)	s	s^2

આલેખ દોરવા

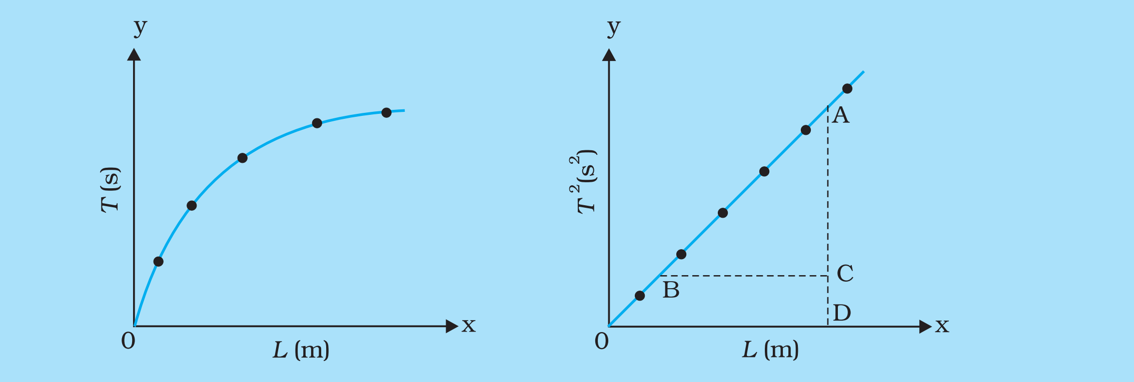
(i) L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ

કોષ્ટક E 6.1માં નોંધેલ અવલોકનોને આધારે L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ, Lને x-અક્ષ અને Tને y-અક્ષ પર લઈને દોરો. તમને આ આલેખ વક્ર મળશે. જે આકૃતિમાં E 6.3માં દર્શાવ્યા અનુસાર પરવલયનો એક ભાગ છે.

(ii) L વિરુદ્ધ T^2નો આલેખ

કોષ્ટક E 6.1માં નોંધેલ અવલોકનોને આધારે L વિરુદ્ધ T^2નો આલેખ, Lને x-અક્ષ અને T^2ને y-અક્ષ પર લઈને દોરો. તમને આ આલેખ ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થતી સુરેખા મળશે. જે આકૃતિ E 6.4 માં દર્શાવેલ છે.

(iii) T^2 વિરુદ્ધ Lના આલેખ પરથી સેકન્ડ લોલક માટે $T^2 = 4s^2$ ના આધારે અસરકારક લંબાઈ નિર્ધારિત કરો.



આકૃતિ E 6.3 **: L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ**

આકૃતિ E 6.3 **: L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ**

પરિણામ

1. L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ ઉપર તરફ બહિર્ગોળ વક્ર છે. ઉપર તરફ બહિર્ગોળ
2. L વિરુદ્ધ T^2નો આલેખ સુરેખ મળે.
3. L વિરુદ્ધ T^2ના આલેખ પરથી સેકન્ડ લોલકની અસરકારક લંબાઈ .... cm.

નોંધ : સાદા લોલકના ગોળાની ત્રિજ્યા કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને મેળવેલ વ્યાસ પરથી મેળવી શકાય. જેમાં સાદા લોલકના ગોળાને પ્રયોગ E 1.1 (a)માં વર્ણવ્યા મુજબ (a) સાદા કેલીપર્સ કે (b) વર્નિયર કેલીપર્સની મદદથી તેની બે ભૂજાઓ વચ્ચે મૂકીને તેનો વ્યાસ માપી શકાય છે. આ ગોળાને બે સમાંતર કાર્ડબોર્ડની વચ્ચે મૂકી તે બે કાર્ડબોર્ડ વચ્ચેની જગ્યા (વ્યાસ) અથવા અંતર માપપટ્ટીની મદદથી માપી શકાય.

ચર્ચા

1. સેકન્ડ લોલકની લંબાઈ માટેના પરિણામની ચોક્સાઈ એ મુખ્યત્વે અસરકારક લંબાઈના માપનમાં (મીટરપટ્ટીની મદદથી) અને લોલકના આવર્તકાળ T (સ્ટોપ વૉચની મદદથી)ના માપનમાં ચોક્સાઈ પર આધાર રાખે છે. સમીકરણ E 6.2માં આવર્તકાળ T^2ના પદમાં છે આથી, Tના માપનમાં રહેલી નાની અચોક્સાઈ પણ T^2માં ગણનાપાત્ર ત્રુટિ ઉદભવે છે. અને પરિણામમાં નોંધપાત્ર અસર ઉપજાવે છે. 0.1 s ચોક્સાઈવાળી સ્ટોપ વૉચ એ ઓછી ચોક્સાઈવાળી સ્ટોપ ક્લૉક/વૉચ કરતાં વધારે ઈચ્છવા યોગ્ય છે.
2. કેટલીક વ્યક્તિગત ત્રુટિઓ કાયમી અવલોકનોમાં ભળી જાય છે. જેમ કે સ્ટોપ વૉચ યોગ્ય સમયે શરૂ ન કરી અથવા જ્યારે લોલકનો ગોળો મધ્યમાન સ્થાનથી આગળ વધે કે તરત જ સ્ટોપ વૉચ બંધ કરે. ખાસ કાળજી રાખીને જ્યારે લોલકનો ગોળો મધ્યમાન સ્થાનની એક દિશામાં આગળ વધે ત્યારે સ્ટોપ વૉચ ચાલુ કે બંધ કરવાનું રાખો.
3. કેટલીક વખત હવાના પ્રવાહો પૂરેપૂરા અવગણી શકાતા નથી, આને પરિણામે લોલકના ગોળાની ગતિ ઉર્ધ્વ સમતલમાં થવાને બદલે શાંકવાકાર (ઉપવલયાકાર) બની જાય છે. ગોળાની સ્પીન અથવા શાંકવાકાર ગતિને પરિણામે દોરામાં વળ ચઢે છે જે આવર્તકાળને અસર કરે છે. લોલકના ગોળાને સમતોલન સ્થાનથી એકબાજુ લઈ જઈને કાળજીપૂર્વક હળવાશથી મુક્ત કરવો જોઈએ.
4. લોલકના ગોળાને દૃઢ આધારથી લટકાવવા નાયલોનની દોરીને બદલે પાતળી, હલકી, મજબૂત, સુતરાઉ દોરી વાપરવી જોઈએ. દોરીની સ્થિતિસ્થાપકતા એ લોલકની અસરકારક લંબાઈના માપમાં કંઈક અંશે ત્રુટિનું કારણ બની શકે છે.
5. સાદુ લોલક મધ્યમાન સંતુલિત સ્થિતિની આગળ અને પાછળ સ.આ.ગ. કરે છે. સમીકરણ (E 6.1)માં L અને T વચ્ચે સંબંધ દર્શાવતું સૂત્ર $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ વડે દર્શાવેલ છે જેનું પાલન થવા તેના દોલનો નાના કંપવિસ્તારવાળા અથવા તેનો દોલન કોણ θ નાનો હોવો જોઈએ. યાદ રાખો કે આ સંબંધ એ $\sin\theta \approx \theta$ (θ રેડીયનમાં હોય ત્યારે)ની ધારણા પર નાના કોણીય સ્થાનાંતર માટે જ યોગ્યતા ધરાવે છે.
6. હવાનું ઉત્પ્લાવકબળ અને હવાની સ્યાનતાના લીધે લોલકનો આવર્તકાળ સહેજ વધે છે. આ અસરને ખૂબ જ મોટા પ્રમાણમાં ઘટાડવા માટે નાનો, દળદાર અને વધુ ઘનતાવાળો ધાતુનો (જેવી કે લોખંડ/સ્ટીલ/બ્રાસ) ગોળો લેવો જોઈએ.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

1. તમે દોરેલા L અને T^2 વચ્ચેના આલેખ તથા L અને T વચ્ચેના આલેખનું અર્થઘટન કરો.
2. જો સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ બે ગણી, ચાર ગણી એમ થાય તો આવર્તકાળમાં કેવો ફેરફાર થાય તે તપાસો.
3. T^2 વિરુદ્ધ Lના આલેખ પરથી તમે ગુરુત્વપ્રવેગ 'g'નું મૂલ્ય કેવી રીતે નક્કી કરશો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ :

1. સાદા લોલક માટે $L - T^2$ ના આલેખ વડે આપેલા સ્થળે ગુરુત્વપ્રવેગ g નું મૂલ્ય નક્કી કરો.
2. લોલકના ગોળાના પરિમાણની સાદા લોલકના આવર્તકાળ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરવો.

   [**Hint :** સમાન પ્રાયોગિક ગોઠવણી સાથે, સમાન દ્રવ્ય (ઘનતા) ધરાવતા પરંતુ જુદા જુદા વ્યાસના કેટલાક ગોળા લો. લોલકની દોરીની લંબાઈ દરેક કિસ્સામાં સમાન રાખો. ગોળાઓને એક પછી એક બાંધતા જાવ અને 10° જેટલા સૂક્ષ્મ કોણવર્તન માટે દરેક વખતે 50 દોલનો માટેનો સમય માપો. જુદા જુદા પરિમાણ ધરાવતા ગોળાઓ વડે બનતા લોલકનો આવર્તકાળ શોધો વ્યાસમાં થતા ફેરફારને સરભર કરવા દોરીની લંબાઈને યોગ્ય રીતે ગોઠવો.

   શું લોલકના ગોળાના પરિમાણની આવર્તકાળ પર અસર થાય છે ? જો હા, તો કેવો ફેરફાર થાય છે તે ચકાસો.]
3. સાદા લોલકના ગોળાના દ્રવ્ય (ઘનતા)ની લોલકના આવર્તકાળ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરવો.

   [**Hint :** સમાન પરિમાણવાળા પરંતું જુદા જુદા દ્રવ્યના બનેલાં કેટલાક ગોળાઓ લઈ સમાન પ્રકારની પ્રાયોગિક ગોઠવણ રાખો. લોલકની લંબાઈ દરેક કિસ્સામાં સમાન રાખો. દરેક કિસ્સામાં લગભગ 10°ના કોણીય સ્થાનાંતર માટે જુદા જુદા દ્રવ્યના ગોળા દ્વારા બનતા લોલકનો આવર્તકાળ માપો.

   શું આવર્તકાળ લોલકના ગોળાના દ્રવ્ય (ઘનતા) પર આધાર રાખે છે ? જો હા, તો કેવા પ્રકારનો કેટલો ફેરફાર આવે છે તે ચકાસો. જો ના, તો લોલકનો ઉપયોગ સમય માપક તરીકે કરવાનો એક વધારાનો વિકલ્પ તમને મળશે.]
4. લોલકના ગોળાના દ્રવ્યમાનની સાદા લોલકના આવર્તકાળ પરની અસરનો અભ્યાસ કરવો.

   [**Hint :** સમાન પરિમાણવાળા, જુદા જુદા દ્રવ્યના (જુદા જુદા દ્રવ્યમાનના) બનેલા કેટલાક લોલકના ગોળાઓ લઈ સમાન પ્રકારની પ્રાયોગિક ગોઠવણ રાખી પ્રયોગ કરો. દરેક કિસ્સા માટે લોલકની લંબાઈ સમાન રાખો. દરેક કિસ્સામાં લગભગ 10°ના કોણીય સ્થાનાંતર માટે જુદા જુદા દ્રવ્યમાનવાળા ગોળા માટે લોલકનો આવર્તકાળ માપો. શું આવર્તકાળ લોલકના ગોળાના દ્રવ્યમાન પર આધાર રાખે છે ? જો હા, તો કેટલા પ્રમાણમાં ફેરફાર આવે છે. જો ના, તો લોલકનો ઉપયોગ સમય માપન તરીકે કરવાનો વધારાના વિકલ્પ તમને મળશે.]
5. લોલકના દોલનોના કંપવિસ્તારની સાદાલોલકના આવર્તકાળ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરવો.

   [**Hint :** સમાન પ્રાયોગિક ગોઠવણી સાથે ગોળાનું દ્રવ્યમાન સમાન અને લોલકની લંબાઈ ચોક્કસ રાખો. કોણીય કંપવિસ્તાર માપવા માટે કાર્ડબોર્ડ પર મોટું કોણમાપક બનાવો અને તેના પર 0°થી 90°ના 5°ના અંતરાલે ચાપ બનાવો. તેને ટેબલની ધાર પર બે ડ્રોઈંગપીનની મદદથી એવી રીતે ચોંટાડો કે

જેથી તેની 0°ની રેખા લટકાવેલ લોલકની સ્થિર રેખા સાથે સુસંગત બને. લોલકને ખૂબ મોટા કોણીય કંપવિસ્તાર (ધારો કે 70°) માટે દોલનો કરાવો અને તેનો આવર્તકાળ માપો. દોલનોના કંપવિસ્તાર 5° અથવા 10°ના ક્રમમાં બદલતા જાવ અને દરેક કિસ્સામાં આવર્તકાળ માપતા જાવ. કોણીય કંપવિસ્તાર અને આવર્તકાળ T વચ્ચેનો આલેખ દોરો. લોલકનો આવર્તકાળ કંપવિસ્તાર સાથે કેવી રીતે બદલાય છે ?

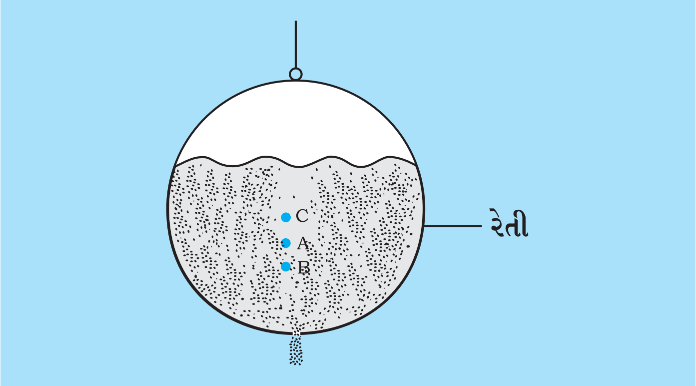
તમે દોરેલા આલેખ પરથી A = 10° માટે મળતાં આવર્તકાળ T નું મૂલ્ય A = 50° માટે મળતા મૂલ્ય કરતાં કેટલું અલગ પડે છે ?

દોલનોના કયા કંપવિસ્તારથી આવર્તકાળનો સમય બદલવાનું શરૂ થાય છે તે શોધો. લોલકની મર્યાદા જણાવી તે ક્યારે સાદા લોલકમાં અંત પામે તે નક્કી કરો.]

6. લોલકના ગોળાનું દ્રવ્યમાન બદલાતું હોય, તો તેની આવર્તકાળ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરો. (દા.ત. પોલા ગોળામાં રેતી ભરી ક્રમશઃ રેતી બહાર નીકળતી જાય)

[**Hint :** જો T માં કોઈ ફેરફાર, થતો હોય, તો આ પ્રયોગમાં તે ઘણો નાનો હશે અને તેને નીચેના કારણોસર માપવો શક્ય નથી.

પોલા ગોળાનું ગુરુત્વકેન્દ્ર, ગોળાના કેન્દ્ર પર જ હશે. આ સાદા લોલકની લંબાઈ એ સમાન પરિણામના નક્કર ગોળા માટેના સાદા લોલકની લંબાઈ જેટલી જ હશે અથવા પોલા ગોળામાં સંપૂર્ણપણે રેતી ભરેલી હોય તેના જેટલી જ હશે. જ્યારે થોડીક રેતી ગોળામાંથી બહાર નીકળી હશે ત્યારે પરિસ્થિતિ આકૃતિ E 6.5માં દર્શાવેલ છે. ગોળાનું ગુરુત્વકેન્દ્ર હવે નીચે જશે. ધારોકે A. આથી લોલકની અસરકારક લંબાઈ વધશે અને પરિણામે આવર્તકાળ T_A વધશે. ($T_A > T_O$) હજુ વધારે રેતી બહાર કાઢવામાં આવે તો ગુરુત્વકેન્દ્ર હજુ નીચે જશે. ધારોકે B. લોલક અસરકારક લંબાઈ વધશે આથી આવર્તકાળ T વધશે. આ પ્રક્રિયામાં જ્યાં સુધી બધી જ રેતી ગોળામાંથી બહાર ન નીકળે ત્યાં સુધી L અને T સતત એક જ દિશામાં બદલાતા (વધતાં) જશે. હવે ગોળો, પોલા ગોળા તરીકે વર્તશે અને તેનું ગુરુત્વકેન્દ્ર ફરીથી તેના કેન્દ્ર C પર સ્થાનાંતરિત થશે. તેનો આવર્તકાળ ફરીથી T_O જેટલો થશે.]



આકૃતિ E 6.5 : **રેતી ભરેલા પોલા ગોળાના ગુરુત્વકેન્દ્રમાં થતા ફેરફારની લોલકના આવર્તકાળ પર થતી અસર, રેતી ગોળા માંથી ક્રમશઃ બહાર નીકળે છે.**

પ્રયોગ 7

હેતુ

સીમાંત ઘર્ષણ અને લંબ પ્રતિક્રિયા બળ વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ કરવો તથા ગતિ કરતા પદાર્થની સપાટી અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચેનો ઘર્ષણાંક શોધવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

હૂક સાથેનો લાકડાનો બ્લૉક, કાચ અથવા લેમીનેટેડ સપાટી ધરાવતી સમક્ષિતિજ સપાટી, (ટેબલની સપાટી પણ સમક્ષિતિજ સપાટી તરીકે વાપરી શકાય.) સમક્ષિતિજ ટેબલ અથવા સપાટીના એક છેડે લગાડેલ ઘર્ષણરહિત પુલી, સ્પિરિટ લેવલ, માપપટ્ટી, પલ્લું, દોરી, સ્પ્રિંગ બેલેન્સ, વજનપેટી, 100 g દળ ધરાવતા 5 પદાર્થ.

પદ અને વ્યાખ્યાઓ

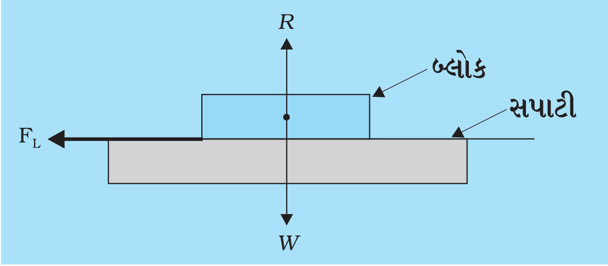
ઘર્ષણ : સંપર્કમાં રાખેલી બે સપાટીઓ વચ્ચેની સાપેક્ષગતિનો વિરોધ કરવાના ગુણધર્મને ઘર્ષણ કહેવામાં આવે છે.

સ્થિત ઘર્ષણ : એકબીજાની સાપેક્ષે સરકવાની વર્તણૂક ધરાવતી પરંતુ એક બીજાના સંપર્કમાં રહેલી બે સ્થિર ઘન સપાટીઓ વચ્ચે લાગતું ઘર્ષણબળ.

સીમાંત ઘર્ષણ : સંપર્કમાં રહેલા બે પદાર્થમાંથી એક પદાર્થ સરકવાની તૈયારીમાં હોય ત્યારે લાગતા મહત્તમ સ્થિત ઘર્ષણબળને સીમાંત ઘર્ષણબળ કહે છે.

ગતિકીય (ગતિક) ઘર્ષણ : જ્યારે સંપર્કમાં રહેલા પદાર્થો વચ્ચે સાપેક્ષ ગતિ હોય, ત્યારે તેમની વચ્ચે ઉદ્ભવતા ઘર્ષણને ગતિકીય ઘર્ષણબળ કહે છે.

સિદ્ધાંત



આકૃતિ E 7.1 : સ્થિત ઘર્ષણબળને લીધે પદાર્થ સ્થિર છે

ભેજરહિત સ્વચ્છ અને ઊંઝણ વિનાની બે ઘન સપાટીઓ વચ્ચે લાગતું મહત્તમ સ્થિત ઘર્ષણબળ એટલે સીમાંત ઘર્ષણબળ F_L, નીચેના આનુભાવિક નિયમોને અનુસરે છે.

(i) સીમાંત ઘર્ષણબળ એ

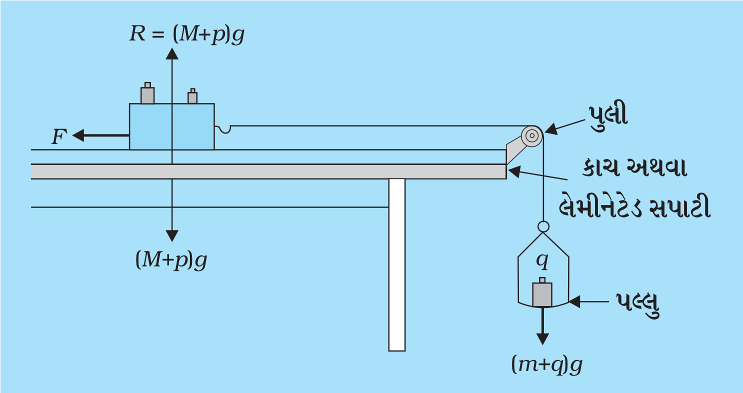
લંબ પ્રતિક્રિયાબળ R કે જે બ્લૉક (પદાર્થ)ના કુલ વજનબળ W વડે આપી શકાય છે તેના સમપ્રમાણમાં હોય છે. (આકૃતિ 7.1) સમક્ષિતિજ સપાટી માટે W અને R બંનેની કાર્યરેખા એક જ હોય છે.

$$F_L \propto R \Rightarrow F_L = \mu_L R$$

$$\text{એટલેકે, } \mu_L = \frac{F_L}{R}$$

આમ, સીમાંત ઘર્ષણબળ F_Lના મૂલ્ય અને લંબબળ Rના મૂલ્યનો ગુણોત્તર અચળ રહે છે. જે સંપર્કમાં રહેલી બે સપાટીઓ માટે સીમાંત ઘર્ષણબળ માટેના સ્થિત ઘર્ષણાંક (μ_L) તરીકે ઓળખાય છે.

(ii) સીમાંત ઘર્ષણબળ સંપર્કમાં રહેલ સપાટીઓના પ્રકાર પર આધાર રાખે છે અને લંબ પ્રતિક્રિયા બળ અચળ રહે ત્યાં સુધી વ્યાપક રુપે, તે સંપર્ક સપાટીના ક્ષેત્રફળથી સ્વતંત્ર છે. આથી, લંબપ્રતિક્રિયાબળ લગભગ અચળ રહે છે.



આકૃતિ E 7.2 : મર્યાદિત ઘર્ષણબળનો અભ્યાસ કરવાની પ્રાયોગિક ગોઠવણ

નોંધો કે $F_L = \mu_L R$ એ ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થતી રેખાનું સમીકરણ છે. આમ, F_L (y-અક્ષ પર) અને R (x-અક્ષ પર)ના સુરેખ આલેખનો ઢાળ એ સીમાંત ઘર્ષણાંક μ_Lનું મૂલ્ય આપે છે.

આ પ્રયોગમાં લાકડાના બ્લૉક માટે સીમાંત ઘર્ષણબળ અને લંબ પ્રતિક્રિયાબળના સંબંધનો અભ્યાસ કર્યો. અહીં લાકડાના બ્લોકને સમક્ષિતિજ સપાટી (કાચ અથવા લેમીનેટેડ સપાટી) પર સરકાવવામાં આવે છે. (આકૃતિ E 7.2).

પદ્ધતિ

1. સ્પ્રિંગ બેલેન્સનું લઘુત્તમ માપ અને અવધી શોધો.
2. આપેલા લાકડાના બ્લૉકનું હૂક સહિતનું દ્રવ્યમાન (M) અને પલ્લાનું દ્રવ્યમાન (m) સ્પ્રિંગ બેલેન્સની મદદથી માપો.
3. ટેબલની સપાટી પર કાચ અથવા લેમીનેટેડ શીટને સમક્ષિતિજ ગોઠવો. જરૂર પડે તેની નીચે કાગળની અથવા કાર્ડબોર્ડની પટ્ટીઓ દાખલ કરો. આ સપાટી સમક્ષિતિજ છે તેની ચકાસણી સ્પિરિટ લેવલની મદદથી કરો. ઉપરની સપાટી સ્વચ્છ અને ભેજરહિત હોય તેની કાળજી રાખો.

4. આકૃતિ E 7.2માં દર્શાવ્યા મુજબ ટેબલની ઉપરની સપાટીના એક છેડે ઘર્ષણરહિત પુલી લગાવો. જરૂર પડે તો પુલીમાં ઊંઝણ કરો.
5. યોગ્ય લંબાઈની (ટેબલની ઊંચાઈ અને માપ અનુસાર) દોરીનો એક છેડો પલ્લા સાથે અને બીજો છેડો લાકડાના બ્લૉકના હૂક સાથે બાંધો.
6. લાકડાના બ્લૉકને સમક્ષિતિજ સપાટી પર મૂકો અને દોરીને પુલી ઉપરથી પસાર કરો. (આકૃતિ E 7.2). પુલી અને લાકડાના બ્લૉક વચ્ચે દોરી સમક્ષિતિજ રહે તેનું ધ્યાન રાખો. આ માટે પુલીની ઊંચાઈ લાકડાના બ્લૉકના હૂકની ઊંચાઈ પ્રમાણે ગોઠવો.
7. પલ્લામાં યોગ્ય દ્રવ્યમાન (q) મૂકો. ટેબલની ઉપરની સપાટી પર ધીમેથી ટપારો અને લાકડાનો બ્લૉક ગતિ કરવાની શરૂઆત કરે છે કે નહીં તે તપાસો.
8. પલ્લામાંનું દ્રવ્યમાન (q) ધીમે ધીમે એટલે સુધી વધારો કે ટેબલની ઉપરની સપાટી ધીમેથી ટપારતાં લાકડાનો બ્લૉક ગતિ કરવાની શરૂઆત કરે. પલ્લામાં મૂકેલ કુલ દ્રવ્યમાન (q)ની કોષ્ટક E 7.1માં નોંધ કરો.
9. લાકડાના બ્લૉકની સપાટી પર જ્ઞાત દ્રવ્યમાન (p) મૂકો અને પલ્લામાંનું દ્રવ્યમાન (q) એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી ટેબલની સપાટીને સહેજ ટપારતાં લાકડાનો બ્લૉક p દ્રવ્યમાન સહિત ગતિ કરવાની શરૂઆત કરે p અને q ના મૂલ્યો કોષ્ટક E 7.1માં નોંધો.
10. p ના ત્રણ કે ચાર મૂલ્યો માટે પદ 9 પુનરાવર્તિત કરી તેને અનુરૂપ q ના મૂલ્યો કોષ્ટક E 7.1 માં નોંધો. F_L અને R નો આલેખ દોરવા માટે ઓછામાં ઓછા પાંચ અવલોકનો જરૂરી છે.

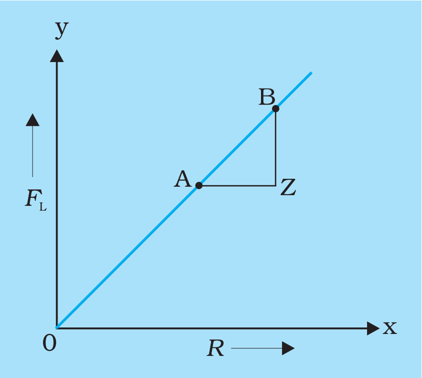
અવલોકનો :

1. સ્પ્રિંગ બેલેન્સનો વિસ્તાર = ... થી .... g
2. સ્પ્રિંગ બેલેન્સનું લઘુત્તમ માપ = ... g
3. પલ્લાનું દ્રવ્યમાન (m) = ... g
4. લાકડાના બ્લૉકનું દ્રવ્યમાન (M) = ... g
5. પ્રયોગના સ્થળે ગુરુત્વપ્રવેગ (g) = ... m s^{-2}

ક્રમ નં.	લાકડાના બ્લૉક પર મૂકેલ દ્રવ્યમાન (P)		દ્રવ્યમાનને લીધે લંબ બળ R (M + p) g	પલ્લાનું દ્રવ્યમાન (q)		સીમાંત ઘર્ષણબળ $F_L = (q+m)g$	ઘર્ષણાંક $\mu_L = \frac{F_L}{R}$	સરેરાશ μ_L
	(g)	(kg)	N	g	(kg)	(N)		
(1)								
(2)								
(3)								
(4)								
(5)								

આલેખ

લાકડાના બ્લૉક અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચે લાગતા સીમાંત ઘર્ષણબળ (F_L) અને લંબ બળ (R)નો આલેખ દોરો. સીમાંત ઘર્ષણબળ F_L, y-અક્ષ પર અને લંબબળ R, x-અક્ષ પર લો. બધાં બિંદુઓને જોડતી રેખા દોરો. (આકૃતિ E 7.3). કેટલાક બિંદુઓ રેખા પર ન પણ આવે, પરંતુ રેખાની આસપાસ હશે. રેખાને પાછળ લંબાવતાં તે ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થાય છે કે નહીં તે ચકાસો. આ રેખાનો ઢાળ લાકડાના બ્લૉક અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચેનો સીમાંત ઘર્ષણાંક (μ_L) દર્શાવે છે. રેખાનો ઢાળ નક્કી કરવા, રેખા પર એકબીજાથી દૂર હોય તેવા બે બિંદુ A અને B આકૃતિ E 7.3માં દર્શાવ્યા મુજબ પસંદ કરો. Aમાંથી x-અક્ષને સમાંતર અને Bમાંથી y-અક્ષને સમાંતર રેખા દોરો. બે રેખાઓના છેદનબિંદુને Z કહો. આથી, AB રેખાનો ઢાળ μ_L નીચે મુજબ મળશે.



આકૃતિ E 7.3 : સીમાંત ઘર્ષણબળ (F_L) અને લંબબળ (R) વચ્ચેનો આલેખ

$$\mu_L = \frac{F_L}{R} = \frac{BZ}{AZ}$$

પરિણામ

લાકડાના બ્લૉક અને ટેબલની સપાટી (લેમીનેટેડ શીટ/કાચ) વચ્ચેના સીમાંત ઘર્ષણાંકનું મૂલ્ય μ_L:

(i) ગણતરી અનુસાર (કોષ્ટક E 7.1) = ...

(ii) આલેખ અનુસાર = ...

સાવચેતીઓ

1. ટેબલની સપાટી સમક્ષિતિજ અને ધૂળરહિત હોવી જોઈએ.
2. લાકડાના બ્લૉક અને પુલીને જોડતી દોરી સમક્ષિતિજ રહેવી જોઈએ.
3. પુલીનું ઘર્ષણ યોગ્ય ઊંઝણની મદદથી ઘટાડવું જોઈએ.
4. ટેબલની સપાટીને દરેક વખતે ધીમેથી ટપારવી.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. દરેક વખતે દ્રવ્યમાન, લાકડાના બ્લૉકના મધ્યમાં મૂકવું.
2. સપાટી ધૂળરહિત અને સૂકી હોવી જોઈએ.
3. દોરી તણાવરહિત અને વળરહિત હોવી જોઈએ.

ચર્ચા

1. ઘર્ષણબળ એ સંપર્કમાં રહેલી સપાટીના ખરબચડાપણા પર આધાર રાખે છે. જો સંપર્કમાં રહેલી સપાટીઓ આદર્શ રીતે (સંપૂર્ણપણે) લીસી હોય, તો તે બે સપાટીઓ વચ્ચે ઘર્ષણબળ હોતું નથી. જોકે ઘનપદાર્થમાં અણુઓ અને પરમાણુઓની ગોઠવણી વિતરણને લીધે આદર્શ રીતે લીસી હોય તેવી સપાટી શક્ય નથી. પરિણામે સહજ રીતે ખરબચડાપણું પ્રાપ્ત થાય છે.
2. આ પ્રાયોગિક ગોઠવણીમાં અને ગણતરીમાં, પુલી પાસેના ઘર્ષણબળને અવગણેલ છે. તેથી, શક્ય હોય ત્યાં સુધી પુલી લઘુત્તમ ઘર્ષણબળ ધરાવતી હોવી જોઈએ કેમકે તે ઘર્ષણરહિત હોતી નથી.
3. લાકડાના બ્લૉક અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચે ધૂળના રજકણોની હાજરી ઘર્ષણબળ પર અસર કરી શકે છે અને તેથી તે અવલોકનોમાં ત્રુટિ ઉદ્‌ભવવાનું કારણ બની શકે છે. આથી, સમક્ષિતિજ સપાટી અને લાકડાના બ્લૉકની સંપર્કમાં રહેલી સપાટી સ્વચ્છ અને ધૂળરહિત હોવી જોઈએ.
4. લાકડાના બ્લૉક અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચે પાણી અથવા ભેજની હાજરીને લીધે સપાટીના ગુણધર્મો બદલાઈ જાય છે. આમ, ગતિ કરતા પદાર્થની સપાટી અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચેના ઘર્ષણનો અભ્યાસ કરતા હોય, ત્યારે તે સંપૂર્ણપણે સૂકી હોવી જોઈએ.
5. દોરીની સ્થિતિસ્થાપકતા એ અવલોકનમાં ત્રુટિનું ઉદ્‌ગમ બની શકે છે. આથી, પાતળી, નહિવત્ દ્રવ્યમાન ધરાવતી, મજબૂત અને સૂતરની વળરહિત દોરીનો ઉપયોગ ગતિ કરતા બ્લૉક અને પલ્લાને બાંધવા કરવો જોઈએ.
6. પુલી અને લાકડાના બ્લૉક વચ્ચેનો દોરીનો ભાગ સમક્ષિતિજ રહેવો જોઈએ, નહિતર તણાવબળનો દોરીમાંનો ઘટક બ્લૉકની ગતિ માટે જવાબદાર બને છે.
7. આ પ્રયોગ માટે બ્લૉકના પરિમાણ અને વજનિયાંના સેટની ઊચિત પસંદગી કરવી અગત્યની છે. જો બ્લૉક ખૂબ જ હલકો હોય તો તેનું સ્થિત ઘર્ષણબળ એ ખાલી પલ્લાના વજનબળ કરતાં પણ ઓછું થશે અને આ પરિસ્થિતિમાં એકલા બ્લૉકનો ઉપયોગ કરીને અવલોકનો લઈ શકાતા નથી. તે જ રીતે બ્લૉક પર મહત્તમ દ્રવ્યમાન તેના પર અલગ દળ મૂકીને મેળવી શકાય છે અને ખૂબ જ વધારે ન હોવું જોઈએ, નહિતર બ્લૉકને ગતિ કરાવવા વધારે બળની જરૂર પડે.
8. વધારાનું દ્રવ્યમાન p, દરેક વખતે લાકડાના બ્લૉકના મધ્યમાં મૂકવું જોઈએ.
9. ઘર્ષણાંકના માપનમાં શક્ય ત્રુટિ

$$= \frac{\Delta F_L}{F_L} + \frac{\Delta R}{R} = \ldots$$

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. તમારા અવલોકનના આધાર પર, સ્થિત ઘર્ષણબળ અને સરકતા પદાર્થના દ્રવ્યમાન વચ્ચેનો સંબંધ શોધો.
2. બે સપાટીઓ વચ્ચેના સીમાંત ઘર્ષણનો અભ્યાસ કરવા આપણે ગોળાકાર પદાર્થની પસંદગી કેમ નથી કરી ?
3. સમક્ષિતિજ સપાટી સ્વચ્છ અને સૂકી શા માટે હોવી જોઈએ ?
4. ગતિ કરતા પદાર્થ અને પુલી વચ્ચેના વિસ્તારમાં દોરી શા માટે સમક્ષિતિજ જ હોવી જોઈએ ?
5. આ પ્રયોગમાં જે સપાટી પર બ્લૉક ગતિ કરે છે તે સમક્ષિતિજ જ હોય તેની ચકાસણી શા માટે જરૂરી છે ?
6. 'બે સપાટીઓ વચ્ચે ઘર્ષણબળ કદાપિ શૂન્ય ન હોય', – વિધાન પર ચર્ચા કરો.
7. આ પ્રયોગમાં સામાન્યતઃ પોલીશ કર્યા વિનાની સપાટીઓ પસંદ કરાય છે - શા માટે ?
8. ઘર્ષણબળ એ Self-adjusting પ્રકારનું બળ છે – આ વિધાનનો અર્થ શું થાય ?
9. સ્થિત ઘર્ષણબળ અને લંબપ્રતિક્રિયાબળ વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ કરવાના પ્રયોગમાં પદાર્થને 3 Nનું બળ આપતાં તે ખસવાની શરૂઆત કરે છે. જ્યારે આ પદાર્થ પર 0.5 N, 1.0 N, 2.5 N, 3.5 N બળ લગાડવામાં આવે ત્યારે આ પદાર્થ પર લાગતા ઘર્ષણબળના મૂલ્યો અનુક્રમે કેટલા હશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. લીસી સપાટીના પ્રકારની અસરનો અભ્યાસ કરવો.
   [**Hint :** જુદા જુદા પ્રકારની સપાટી જેવી કે, પ્લાયવુડ, કારપેટ બદલીને ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો અથવા સપાટી પર તેલ કે પાવડર લગાડીને પ્રયોગ ફરીથી કરો.]
2. સંપર્કમાં રહેલ સપાટીના ક્ષેત્રફળના ફેરફારની અસરનો અભ્યાસ કરવો.
   [**Hint :** લાકડાના બ્લૉકને શિરોલંબ મૂકો અને પ્રયોગ ફરીથી કરો. પ્રયોગના અવલોકનો અને પરિણામો સમાન છે કે નહિ તેની ચર્ચા કરો.]
3. ઢાળવાળી સપાટી પરથી સરકતા પદાર્થ માટે સ્થિત ઘર્ષણાંક શોધો.

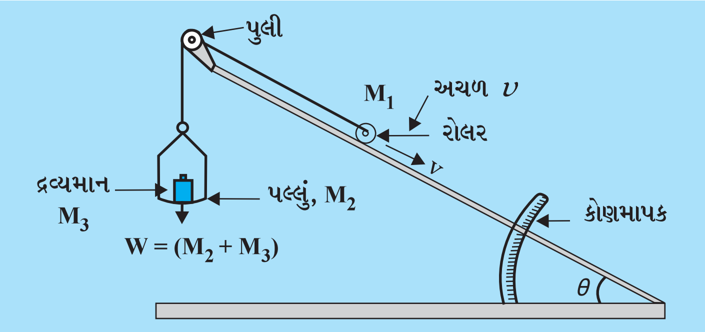
પ્રયોગ 8

હેતુ

ઢાળની સપાટી પર રહેલા રોલર પર ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે અધોદિશામાં લાગતું બળ શોધવું અને ઢાળના ખૂણાનો તેની સાથેના સંબંધનો અભ્યાસ, બળ અને sin θ ના આલેખની મદદથી કરવો.

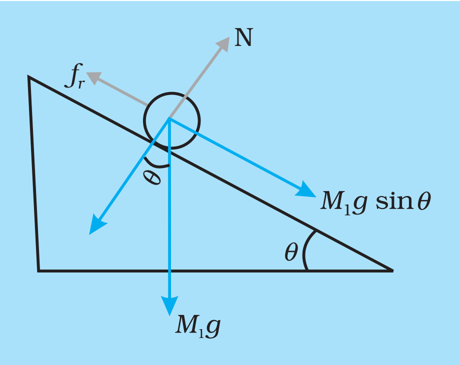
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

કોણ માપક સાથેની ઢાળની સપાટી અને પુલી, રોલર, વજનપેટી, સ્પ્રિંગ બેલેન્સ, સ્પિરિટ લેવલ, પલ્લું અને દોરી.



આકૃતિ E 8.1 **: ઢાળની સપાટી પરના પદાર્થ માટે અધોદિશામાં લાગતું બળ શોધવા માટેની પ્રાયોગિક ગોઠવણ**

સિદ્ધાંત



આકૃતિ E 8.2 **: ફ્રી બોડી ડાયાગ્રામ**

આકૃતિ E 8.1માં દર્શાવ્યા મુજબની ગોઠવણી વિચારો. અહીં M_1 દ્રવ્યમાન ધરાવતું રોલર, સમક્ષિતિજ સપાટી પર θ કોણ ધરાવતી સપાટી પર મૂકેલ છે. ઉર્ધ્વદિશામાં બળ લગાડવા, ઢાળની સપાટી પર ટોચ પર લગાડેલી પુલી પરથી પસાર કરેલ દોરીના બીજા છેડે રાખેલા પલ્લામાં વજન ગોઠવીને M_1 દ્રવ્યમાનના પદાર્થ (રોલર) પર બળ લગાડવામાં આવે છે. જ્યારે M_1 દ્રવ્યમાન ધરાવતો પદાર્થ અચળ વેગ v થી ગતિ કરતો હોય, ત્યારે તેના પર લાગતું બળ

$$W = M_1 g \sin\theta - f_r$$

જ્યાં f_r એ રોલીંગને લીધે ઘર્ષણબળ, M_1 એ રોલરનું દ્રવ્યમાન અને W એ

દોરીમાં ઉદ્‌ભવતું કુલ તણાવબળ છે. (W = લટકાવેલ વજનબળ). અહીં દોરી અને પુલી વચ્ચે કોઈ ઘર્ષણબળ લાગતું નથી તેમ ધારો.

પદ્ધતિ

1. આકૃતિ E 8.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ઢાળની સપાટી, રોલર અને પલ્લામાં યોગ્ય દ્રવ્યમાન ગોઠવો. પુલી ઘર્ષણરહિત છે તે ચકાસી લો. જો જરૂર હોય તો મશીન ઓઈલની મદદથી તેમાં ઊંઝણ કરો.
2. ઢાળની સપાટીની ટોચ પર રોલર સ્થિર રહી શકે તેટલા મૂલ્યનું વજનબળ W ગોઠવી શરૂઆત કરો.
3. પલ્લામાંના દ્રવ્યમાનમાંથી નાના મૂલ્યના પ્રમાણમાં દ્રવ્યમાન ઘટાડવાની શરૂઆત કરો અને ત્યાં સુધી દ્રવ્યમાન ઘટાડો કે જેથી રોલર નીચે તરફ અચળ વેગથી ખસવાની શરૂઆત કરે. વજનબળ W અને ખૂણો θ નોંધી લો. આકૃતિ E 8.2 એ પદાર્થ (રોલર) જ્યારે અધોદિશામાં ખસવાની શરૂઆત કરે ત્યારે મુક્ત પદાર્થ માટે રેખાકૃતિ દર્શાવેલ છે.
4. ઉપરના પદ 2 અને 3 જુદા જુદા ખૂણા માટે પુનરાવર્તિત કરી તમારા અવલોકનો, અવલોકન કોઠામાં નોંધો.

અવલોકનો

ગુરુત્વપ્રવેગ, g = ... m/s^2

રોલરનું દ્રવ્યમાન, m = (M_1) g

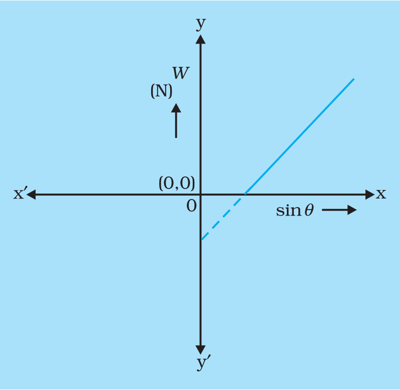
પલ્લાનું દ્રવ્યમાન = (M_2) g

કોષ્ટક E 8.1

ક્રમ નં.	θ°	sin θ	પલ્લામાં મૂકેલ દ્રવ્યમાન M_3	બળ $W = (M_2 + M_3)$ g (N)
1				
2				
3				

આલેખ

sin θ અને બળ Wનો આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 8.3) તે સુરેખ હોવો જોઈએ.



આકૃતિ E 8.3 : W અને sin θ વચ્ચેનો આલેખ

પરિણામ

પ્રાયોગિક ત્રુટિઓ સાથે, ઢાળની સપાટી માટે અધોદિશામાં લાગતું બળ, sin θના સમપ્રમાણમાં હોય છે. જ્યાં θ એ ઢોળાવનો ખૂણો છે.

સાવચેતીઓ

1. ઢાળની સપાટીએ સમક્ષિતિજ સપાટી પર ગોઠવાયેલ છે તેવું સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ચકાસો.
2. પુલી ઘર્ષણરહિત હોવી જોઈએ.
3. મુક્ત રીતે લટકાવેલ વજન એ ટેબલ કે બીજી કોઈ વસ્તુને અડકેલ ન હોવું જોઈએ.
4. રોલર સરળતાથી ગબડવું જોઈએ એટલે કે સરક્યા વિના ગબડતું હોવું જોઈએ.
5. વજન W ખૂબ નાના પ્રમાણમાં ઘટાડતા જવું જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. અચળ વેગના નબળા નિર્ણયને લીધે ત્રુટિ દાખલ થઈ શકે છે.
2. પુલી સંપૂર્ણ ઘર્ષણરહિત હોઈ શકે નહિ.
3. રોલર ચોક્કસ કયા બિંદુએથી અચળ વેગથી સરકવાનું શરૂ કરે છે તે નક્કી કરવું મુશ્કેલ છે.
4. ઢાળની સપાટી એક સમાન લીસી કે ખરબચડી હોઈ શકે નહિ.
5. વજનપેટીમાંના વજનિયાં પ્રમાણભૂત હોતાં નથી.

ચર્ચા

શૂન્યથી જેમ જેમ સમતલનો ઢોળાવ વધારતા જઈએ તેમ mg sinθનું મૂલ્ય વધતું જાય છે અને તદ્‌અનુરૂપ ઘર્ષણબળ પણ વધતું જાય છે. પરિણામે, સ્થિત ઘર્ષણબળ W = 0 સુધી આપણે દોરીમાં કોઈ તણાવબળ લગાડવાની જરૂર નથી.

જો આપણે હજુ ખૂણો વધારીએ તો, દોરીમાં પરિણામી તણાવબળ સમતોલવા mg sinθ - f_r બળની જરૂર પડે અથવા રોલર અધોદિશામાં પ્રવેગી ગતિ કરશે.

Wની ચોક્કસ કિંમત નક્કી કરવી મુશ્કેલ છે. અહીં આપણે રોલર ઢાળની ધાર પરથી નીચે તરફ ગબડવાની શરૂઆત કરે ત્યારનું તણાવબળ W_1 (<W) અને રોલર ઢાળની ધાર પરથી ઉપર તરફ ગતિ શરૂ કરે તે તણાવબળ W_2 (<W) મેળવીએ છીએ. આથી, આપણે સરેરાશ લઈ શકીએ.

$$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$$

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. ગતિની દિશામાં જ ઘર્ષણબળ લાગતું હોય તેવું ઉદાહરણ આપો.
2. રોલર અને ઢાળની સપાટી વચ્ચેનો રોલીંગ ઘર્ષણાંક મેળવવા આલેખનો ઉપયોગ કેવી રીતે કરી શકાય ?
3. અધોદિશામાં લાગતા બળ અને સમતલના ઢોળાવ કોણ વચ્ચેનો સંબંધ કયો છે ?
4. રોલર ઉપર તરફ કે નીચે તરફ અચળ વેગથી ગતિ કરે છે તે તમે કેવી રીતે નક્કી કરશો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

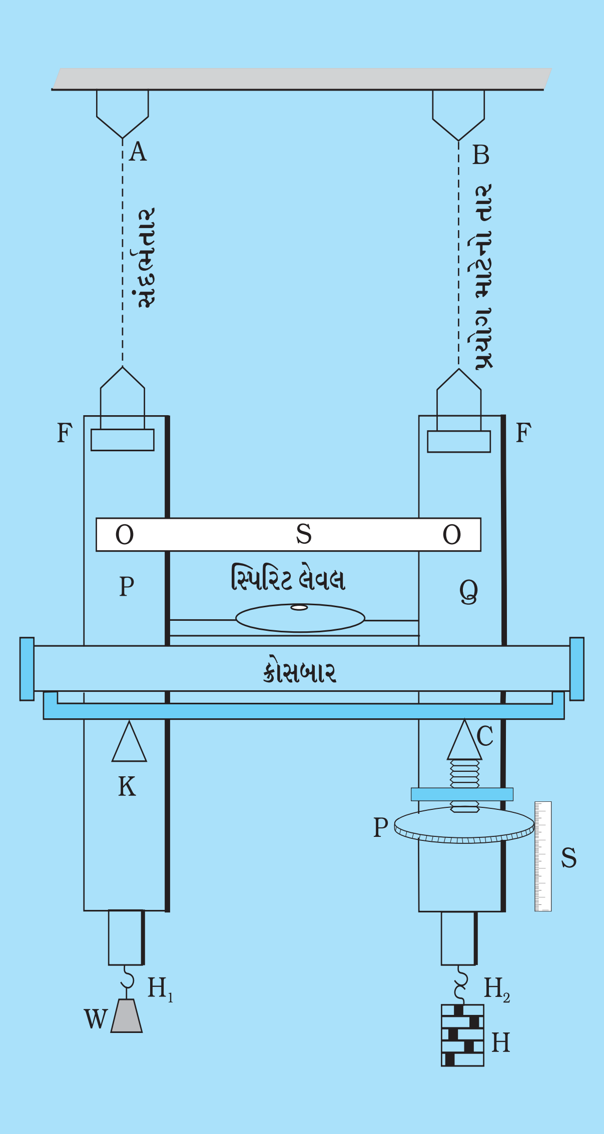
1. આલેખ પરથી અંતઃખંડ અને ઢાળ શોધો અને આપેલ સમીકરણની મદદથી તેનું અર્થઘટન કરો.
2. પલ્લામાં મૂકેલ દ્રવ્યમાનની ગોઠવણીથી રોલરને ઉપર તરફની દિશામાં ગતિ કરાવો. W' અને $\sin\theta$ ના આલેખનું અર્થઘટન કરો. જ્યાં W' એ રોલરને ઉપર તરફ અચળ વેગથી ગતિ કરાવવા પલ્લામાં ઉમેરેલું દ્રવ્યમાન છે.

પ્રયોગ 9

હેતુ

સર્લના સાધનની મદદથી આપેલા તારના દ્રવ્યનો યંગ મૉડ્યુલસ નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી



આકૃતિ E 9.1 **: Y નક્કી કરવા માટેનું સર્લનું સાધન**

સર્લનું સાધન, ખાંચાવાળા વજનિયાં, પ્રયોગ માટેનો તાર, સ્ક્રૂગેજ અને સ્પિરિટ લેવલ.

સર્લનું સાધન

આ સાધનમાંથી ધાતુની બે ફ્રેમ A અને Bને એક સાથે એવી રીતે લટકાવવામાં આવે છે કે જેથી, તેઓ ઊર્ધ્વ દિશામાં એક બીજાની સાપેક્ષે ફરી શકે.

સ્પિરિટ લેવલ નક્કર ક્રોસબાર પર મૂકેલ છે. આ નક્કર ક્રોસબારનો એક છેડો માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂ Cની ટોચ પર અને બીજો છેડો જડિત ચપ્પાની ધાર K ઉપર ગોઠવેલ છે. માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂ તેના વર્તુળાકાર પરિઘ પર 100 સમાન વિભાગ ધરાવે છે. તેની બાજુમાં ઊર્ધ્વ દિશામાં હોય તેવો રેખીય માપક્રમ S ચોંટાડેલ છે. જો P અને Q બે ફ્રેમ વચ્ચે થોડું સાપેક્ષ સ્થાનાંતર થાય તો પણ સ્પિરિટ લેવલ સમક્ષિતિજ રહી શકતું નથી અને સ્પિરિટ લેવલમાંનો (હવાનો) પરપોટો તેના કેન્દ્રમાંથી ખસે છે. માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂ અને સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ક્રોસબારને ફરીથી સમક્ષિતિજ ગોઠવો, સ્ક્રૂને જેટલો ફેરવવો પડે તે બે ફ્રેમ વચ્ચેનું સાપેક્ષ સ્થાનાંતર દર્શાવે છે.

ધાતુની બંને ફ્રેમ સમાન ધાતુના એકસરખી લંબાઈના બે તારની મદદથી એક જ સમક્ષિતિજ દૃઢ આધાર પરથી લટકાવેલ છે. તાર Bને પ્રયોગ માટેનો તાર (પ્રાયોગિક તાર) અને તાર A સંદર્ભ તાર કહેવાય છે. ફ્રેમ P અને Qના નીચેના છેડે H_1 અને H_2 હૂક આપેલ છે જેની મદદથી વજનિયાં લટકાવી શકાય છે. હૂક H_1 સંદર્ભ તારના છેડે જોડેલ છે. જે અચળ

વજનબળ Wની મદદથી તારને તંગ રાખે છે. હૂક H_2 પ્રાયોગિક તારના છેડે જોડેલ છે અને તેની સાથે જોડેલ હેંગરમાં ખાંચાવાળા વજનિયાં મૂકી બળ લગાડી શકાય છે.

સિદ્ધાંત

આ સાધન હૂકના નિયમ પર કાર્ય કરે છે. જો બળ F (= Mg)ને લીધે લંબાઈના તારની લંબાઈમાં થતો ફેરફાર (વધારો) l અને ત્રિજ્યા r હોય, તો આપેલા તારના દ્રવ્યનો યંગ મૉડ્યુલસ,

$$Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l}$$

રીત

1. બંને હૂકમાં વજનિયાં લટકાવો કે જેથી બંને તાર ખેંચાયેલા રહે અને અન્ય તારથી મુક્ત થઈ જાય. સંદર્ભતારને તંગ રાખવા તેના છેડે અચળ વજનબળ W લટકાવો.
2. દૃઢ આધારથી ફ્રેમ સાથે જોડાયેલા પ્રાયોગિક તારની લંબાઈ માપો.
3. સ્ક્રૂ ગેજનું લઘુત્તમ માપ શોધો. પ્રાયોગિક તારનો જુદી જુદી 5 જગ્યાએથી વ્યાસ માપો અને દરેક જગ્યા બે પરસ્પર લંબદિશામાં હોય. તારનો સરેરાશ વ્યાસ અને તે પરથી ત્રિજ્યા મેળવો.
4. ફ્રેમ સાથે જોડેલા માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂ માટે પેચ અંતર અને લઘુત્તમ માપ શોધો. આ સ્ક્રૂને એવી રીતે ગોઠવો કે સ્પિરિટ લેવલમાં (હવાનો) પરપોટો બરાબર મધ્યમાં રહે. માઈક્રોમીટરનું અવલોકન લો.
5. પ્રાયોગિક તાર સાથે જોડેલ હેંગરમાં વજન મૂકો અને ક્રમશઃ 0.5 kg ના ક્રમમાં વધારો. દરેક વજન માટે સ્પિરિટ લેવલમાં (હવાનો) પરપોટો, માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂને ફેરવીને મધ્યમાં લાવો અને તેનું અવલોકન નોંધો. તત્કાલ પ્રતિક્રિયાથી ઉદ્‌ભવતી ત્રુટિ નિવારો. (થોડી વાર પછી અવલોકન નોંધો.)
6. વજન વધારી ને લગભગ 8 અવલોકન લો.
7. ક્રમશઃ 0.5 kg વજન ઘટાડતાં જઈને પદ 5 મુજબ દરેક વખતે માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂનું અવલોકન લો.

અવલોકનો

તારની લંબાઈ (L) = ...

સ્ક્રૂગેજનું પેચઅંતર = ...

સ્ક્રૂગેજના વર્તુળાકાર માપક્રમ પર વિભાગની સંખ્યા = ...

સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ = ...

સ્ક્રૂગેજની શૂન્ય ત્રુટિ = ...

કોષ્ટક E 9.1 તારના વ્યાસનું માપન

ક્રમ નં.	કોઈ એક દિશામાંનું અવલોકન			લંબ દિશામાંનું અવલોકન			સરેરાશ વ્યાસ $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ (cm)
	મુખ્ય માપક્રમનું અવલોકન S (cm)	વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન *n*	વ્યાસ d_1 = S + n × લઘુત્તમ માપ	મુખ્ય માપક્રમનું અવલોકન S (cm)	વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન *n*	વ્યાસ d_2 = S + n × લઘુત્તમ માપ (cm)	
1							
2							
3							
4							
5							

સરેરાશ વ્યાસ (શૂન્ય ત્રુટિ માટે સુધારેલ) = ...

સરેરાશ ત્રિજ્યા = ...

લંબાઈમાં થતા વધારા (*l*) નું માપન

માઈક્રોમીટરનું પેચઅંતર = ...

વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના કુલ વિભાગ = ...

માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂનું લઘુત્તમ માપ = ...

ગુરુત્વપ્રવેગ g = ...

કોષ્ટક E 9.2 દ્રવ્યમાનના વધારાથી લંબાઈના વધારાનું માપન

ક્રમ નં.	પ્રાયોગિક તારના છેડે દ્રવ્યમાન M	માઈક્રોમીટરનું અવલોકન		સરેરાશ અવલોકન $\left(\frac{x+y}{2}\right)$ (cm)
	(kg)	દ્રવ્યમાન વધારતાં X (cm)	દ્રવ્યમાન ઘટાડતાં Y (cm)	
1	0.5			a
2	1.0			b
3	1.5			c
4	2.0			d
5	2.5			e
6	3.0			f
7	3.5			g
8	4.0			h

ગણતરી :

કોષ્ટક E 9.2 માં નોંધેલ અવલોકનોનો ઉપયોગ કરીને પ્રાયોગિક તારની લંબાઈમાં થતો વધારો કોષ્ટક E 9.3માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક E 9.3 આપેલ દ્રવ્યમાન માટે લંબાઈના વધારાની ગણતરી

ક્રમ નં.	સરેરાશ વધારો (cm)	દ્રવ્યમાન (kg)	સરેરાશ વધારો	1.5 kg ના દ્રવ્યમાન માટે લંબાઈનો વધારો
0.5		2.0		d – a
1.0		2.5		e – b
1.5		3.0		f – c

$$\therefore \quad \text{સરેરાશ } l = \frac{(a-d)+(b-e)+(c-f)}{3}$$

$$= \ldots \text{ cm } (1.5 \text{ kg માટે})$$

આપેલ પ્રાયોગિક તાર માટે, યંગ મૉડ્યુલસ $Y = \dfrac{MgL}{\pi r^2 l} = \ldots N/m^2$

આલેખ :

Yનું મૂલ્ય l અને Mg વચ્ચેનો આલેખ દોરીને પણ મેળવી શકાય છે. વજનબળ X-અક્ષ પર અને લંબાઈનો વધારો Y-અક્ષ પર લઈને આલેખ દોરો. તે સુરેખ હોવો જોઈએ. તે રેખાનો ઢાળ $\dfrac{\Delta l}{\Delta Mg}$ મેળવો. આ મૂલ્યનો ઉપયોગ કરીને Yનું મૂલ્ય શોધો.

પરિણામ :

તારના દ્રવ્યનો યંગ મૉડ્યુલસ Y.

અર્ધ ટેબલની રીતની મદદથી = $Y \pm \Delta Y$ N/m^2

આલેખની મદદથી = $Y \pm \Delta Y$ N/m^2

ત્રુટિ :

Mના માપનમાં ઉદ્ભવતી અચોક્સાઈ ΔM બીમ બેલન્સ કે ભૌતિક તુલાના ઉપયોગથી પ્રમાણિત વજનપેટી અથવા ચોક્કસ ક્ષમતા ધરાવતી પાણીની બોટલની મદદથી મેળવી શકાય છે.

દરેક સમાન દ્રવ્યમાન માટે ખાંચાવાળા વજન Mમાં થતા ફેરફાર મેળવી તેમને ΔM_1 અને ΔM_2 વડે દર્શાવો. તેમનું સરેરાશ ΔM મેળવો. આ Mમાં ઉદ્ભવતી અચોક્સાઈ ΔM થશે.

ΔL - L માપવા માટે વાપરેલ માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ.

Δr - r માપવા માટે વાપરેલ માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ.

Δl - લંબાઈમાં થતો વધારો માપવા વાપરેલ સાધનનું લઘુત્તમ માપ.

સાવચેતીઓ

1. તારનો વ્યાસ જુદા જુદા સ્થાનેથી માપો. તેની એકરૂપતા ચકાસો.
2. દ્રવ્યમાન વધારતાં અને ઘટાડતાં હોય ત્યારે અમુક સમયગાળા બાદ સ્પિરિટ લેવલને ગોઠવો.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. જ્યારે દ્રવ્યમાન વધારતાં હોય ત્યારે તારના વ્યાસ બદલાઈ શકે છે.
2. લંબાઈનો વધારો માપવામાં સાધનની ત્રુટિ પગપેસારો કરી શકે છે.
3. તારની જાડાઈમાં બિનએકરૂપતા.

ચર્ચા

પ્રયોગ દરમિયાન માપન કરવામાં આવેલ કઈ ભૌતિક રાશિના માપનની સૌથી વધારે અસર Y (યંગ મૉડ્યુલસ)ના માપનની ચોક્સાઈમાં થઈ શકે છે ?

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. જો ઉપયોગમાં લીધેલ તારની લંબાઈમાં ઘટાડો કરવામાં આવે તો તેની (a) તારની લંબાઈમાં થતા વધારા પર (b) તારના પ્રતિબળ પર અસર શું થશે.
2. એક જ દ્રવ્યના જુદી જુદી ત્રિજ્યાઓ (r_1, r_2, r_3) ધરાવતા તારનો ઉપયોગ ઉપર્યુક્ત પ્રયોગમાં વાપરો. શું દ્રવ્યના સ્થિતિસ્થાપકતા યંગ મૉડ્યુલસમાં કોઈ ફેરફાર થશે ? તમારા પરિણામની ચર્ચા કરો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. જો મળી શકે તેમ હોય, તો જુદા જુદા દ્રવ્યના તારનો ઉપયોગ કરી પ્રયોગ ફરીથી કરો.
2. સમાન દ્રવ્યના પ્રાયોગિક તારની લંબાઈ બદલીને અને તેની દ્રવ્યના સ્થિતિસ્થાપકતાના યંગ મૉડ્યુલસ પર અસરનો અભ્યાસ કરો.

પ્રયોગ 10

હેતુ

દોલનોની રીતનો ઉપયોગ કરી હેલીકલ સ્પ્રિંગ માટે $T^2 - m$નો આલેખ દોરી તેનો બળઅચળાંક અને અસરકારક દ્રવ્યમાન શોધવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

જેના નીચેના છેડે દર્શક અને હૂક/કડી લગાડેલ હોય તેવી નહિવત વજનવાળી હેલીકલ આકારની સ્પ્રિંગ જે હેંગરમાંથી લટકાવેલ છે (સ્પ્રિંગનો અંદરનો વ્યાસ લગભગ 1 - 1.5 cm અથવા સ્પ્રિંગ બૅલેન્સમાં 100 g દ્રવ્યમાન હોવું જોઈએ), દૃઢ આધાર, હેંગર, ખાંચાવાળા 10 g દ્રવ્યમાન વાળા પાંચ વજનિયાં (જો સ્પ્રિંગનો બળ અચળાંક વધારે હોય, તો ખાંચાવાળા 20 g દ્રવ્યમાનના વજનિયાં પણ વાપરી શકાય), ક્લેમ્પવાળું સ્ટેન્ડ, દળતુલા, માપપટ્ટી (15 - 30 cm) અને સ્ટોપ વૉચ (0.1 s લઘુત્તમ માપ ધરાવતી).

સિદ્ધાંત

સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગ અચળાંક (અથવા બળઅચળાંક) નીચેના સૂત્ર વડે આપી શકાય છે.

$$\text{સ્પ્રિંગ અચળાંક, } K = \frac{\text{પુનઃ સ્થાપકબળ}}{\text{લંબાઈનો વધારો}} \qquad \text{(E 10.1)}$$

આ રીતે, સ્પ્રિંગની લંબાઈના એકમ વધારા દીઠ પુનઃસ્થાપકબળ એ સ્પ્રિંગનો બળઅચળાંક છે. તેનું મૂલ્ય સ્પ્રિંગના સ્થિતિસ્થાપક ગુણધર્મ પરથી નક્કી કરી શકાય છે. દૃઢ આધાર (દીવાલમાં લગાવેલ ખીલી) પરથી લટકાવેલ સ્પ્રિંગના મુક્ત છેડે આપેલ પદાર્થને લટકાવો. જો પદાર્થને નીચે તરફ ખેંચીને છોડી દેવામાં આવે તો તે સરળ આવર્ત દોલનો કરે છે.

K સ્પ્રિંગઅચળાંક ધરાવતી હેલીકલ સ્પ્રિંગના દોલનોનો આવર્તકાળ T હોય, તો K અને T વચ્ચેનો સંબંધ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ જ્યાં m પદાર્થનું દ્રવ્યમાન છે. જો સ્પ્રિંગનું પોતાનું દ્રવ્યમાન વધારે હોય તો ઉપર્યુક્ત સમીકરણ નીચે મુજબ આપી શકાય.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_0 + m}{K}} \qquad \text{(E 10.2)}$$

જ્યાં m_0 અને m અનુક્રમે સ્પ્રિંગના તંત્રનું (સ્પ્રિંગ, દર્શક અને હેંગર સહિતનું) અસરકારક દ્રવ્યમાન અને લટકાવેલ પદાર્થનું દ્રવ્યમાન છે. કડક સ્પ્રિંગ (મોટો બળઅચળાંક ધરાવતી સ્પ્રિંગ) માટે આવર્તકાળ નાનો હોય છે.

સમીકરણ (E 10.2)માં આવતા સ્પ્રિંગના તંત્રના દ્રવ્યમાન m_0નો સરળતાથી લોપ કરવા m_1 અને m_2 દ્રવ્યમાન ધરાવતા બે જુદા જુદા પદાર્થો લટકાવી તેમના દોલનોનો આવર્તકાળ T_1 અને T_2 મેળવવામાં આવે છે. આથી,

(E 10.3)
$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_o + m_1}{K}}$$

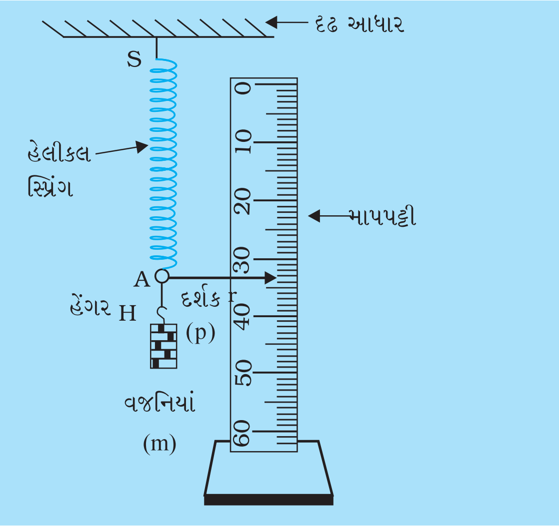
(E 10.4) અને
$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m_o + m_2}{K}}$$

સમીકરણ (E 10.3) અને (E 10.4)માંથી m_oનો લોપ કરતાં,

(E 10.5)
$$K = \frac{4\pi^2 (m_1 - m_2)}{(T_1^2 - T_2^2)}$$ મળે છે.

સમીકરણ (E 10.5) અને m_1, m_2, T_1, અને T_2ના જ્ઞાન મૂલ્યોનો ઉપયોગ કરીને સ્પ્રિંગ તંત્રનો સ્પ્રિંગઅચળાંક K મેળવી શકાય છે.

પદ્ધતિ



આકૃતિ E 10.1 : હેલીકલ સ્પ્રિંગના બળ અચળાંકનો અભ્યાસ કરવા માટેની પ્રાયોગિક ગોઠવણ

1. આકૃતિ E 10.1 દર્શાવ્યા મુજબ હેલીકલ સ્પ્રિંગ SA (તેના મુક્ત છેડા A પર દર્શક P અને હેંગર H હોય તેવી) દૃઢ આધાર પરથી લટકાવેલ છે.
2. સ્પ્રિંગની નજીક ઊર્ધ્વ દિશામાં માપપટ્ટી ગોઠવો. પોઇન્ટર P એ આ માપપટ્ટીની ઉપર સહેલાઇથી તેને અડક્યા સિવાય મુક્ત રીતે ગતિ કરી શકે તેનું ધ્યાન રાખો.
3. માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ શોધો. (સામાન્ય રીતે 1 mm અથવા 0.1 cm હોય છે.)
4. તમે સ્ટોપ વૉચની કાર્યપદ્ધતિ સમજો થાવ અને તેનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
5. હેંગરમાં ધીમેથી ખાંચાવાળું વજન અથવા પદાર્થ મૂકો જેનું દ્રવ્યમાન m_1 છે. દર્શક સ્થિર થાય ત્યાં સુધી રાહ જુઓ. આપેલા પદાર્થ માટે આ સમતોલન સ્થિતિ છે. હવે, પદાર્થને અધોદિશામાં થોડો ખેંચીને ધીમેથી છોડી દો જેથી તે તેની સ્થિર સ્થિતિ (સમતોલન સ્થિતિ)ની

આસપાસ ઉર્ધ્વ સમતલમાં દોલનો કરે. દર્શક Pની માપપટ્ટીની સ્થિતિ (x) એ આપેલા પદાર્થ માટે સંદર્ભ અથવા મધ્યમાન સ્થાન દર્શાવે છે. દર્શક P જ્યારે મધ્યમાન સ્થાન પાસેથી (ઉપર તરફ કે નીચે તરફ) પસાર થાય ત્યારે સ્ટોપ વૉચ ચાલુ કરો અને સાથે સાથે દોલનો ગણવાનું પણ શરૂ કરો.

6. કોઈ એક તરફની દિશા માટે જ્યારે દર્શક, મધ્યમાન સ્થાન (x) પાસેથી પસાર થાય એ રીતે દોલનો ગણવાનું ચાલુ રાખો. n (5 કે 10) દોલનો પૂર્ણ થાય ત્યારે સ્ટોપ વૉચ બંધ કરો. દોલન ગતિ કરતા પદાર્થના n દોલનો પૂર્ણ કરવા લાગતો સમય (t) નોંધો.
7. ઓછામાં ઓછા ત્રણ અવલોકનો માટે પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને દરેક વખતે એક સમાન દોલનો (n) માટેનો સમય નોંધો. n દોલનો માટેનો સરેરાશ સમય (t_1) શોધો અને એક દોલન માટેનો સમય ગણો એટલે કે m_1 દ્રવ્યમાનના પદાર્થ માટે હેલીકલ સ્પ્રિંગના દોલનનો આવર્તકાળ $T_1 \left(= \dfrac{t_1}{n}\right)$
8. ખાંચાવાળા બીજા બે દ્રવ્યમાન માટે પદ 5 અને 6નું પુનરાવર્તન કરો.
9. દરેક વજન માટે દોલનો આવર્તકાળ $T = \dfrac{t}{n}$ ગણો અને તમારા અવલોકનોને અવલોકન કોઠામાં નોંધો.
10. દરેક પદાર્થ માટે સ્પ્રિંગઅચળાંક (K_1, K_2, K_3)ની ગણતરી કરો અને આપેલ હેલીકલ સ્પ્રિંગ માટે સરેરાશ સ્પ્રિંગઅચળાંકનું મૂલ્ય શોધો.
11. T^2 વિરુદ્ધ mના આલેખમાં T^2, y-અક્ષ પર અને m, x-અક્ષ પર લઈ Kનું મૂલ્ય મેળવી શકાય છે.

[**નોંધ :** સમયના માપનમાં આવતી ત્રુટિ ન્યૂનતમ રાખવા માટે દોલનોની સંખ્યા n શક્ય તેટલી મોટી રાખવી જોઈએ. દોલનોની સંખ્યા n નક્કી કરવાની એક સુગમ રીત સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ પર આધારિત છે. જો સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ 0.1 s હોય તો માપનમાં 1 %ની ત્રુટિ માટે ઓછામાં ઓછા 10 s ના સમયનું માપન કરવું જોઈએ. આથી, દોલનોની સંખ્યા n એવી રીતે પસંદ કરવી જોઈએ કે જેથી દોલિત થતો પદાર્થ તે દોલનો 10 s કરતાં વધારે સમયમાં પૂર્ણ કરે.]

અવલોકનો

માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... mm = ... cm

સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ = ... s

પદાર્થ 1 નું દ્રવ્યમાન m_1 = ... g = ... kg

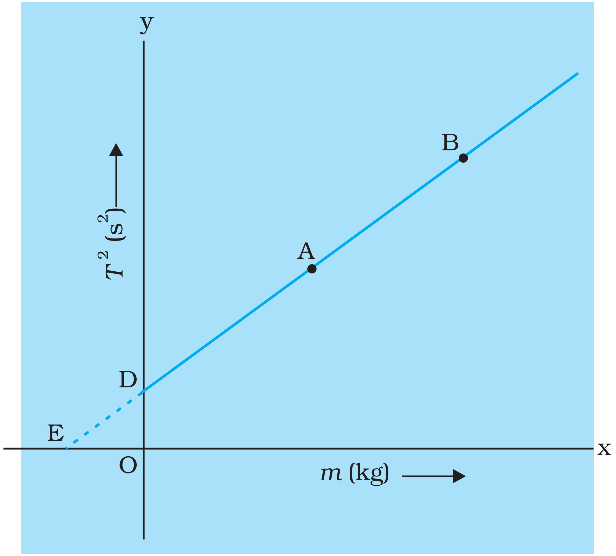
પદાર્થ 2 નું દ્રવ્યમાન m_2 = ... g = ... kg

પદાર્થ 3 નું દ્રવ્યમાન m_3 = ... g = ... kg

કોષ્ટક E 10.1 વજન સાથેની હેલીકલ સ્પ્રિંગના દોલનો માટે આવર્તકાળનું માપન

ક્રમ નં.	પદાર્થનું દળ m (kg)	દર્શકનું સરેરાશ સ્થાન *x* (cm)	દોલનોની સંખ્યા (*n*)	*n* દોલનો માટેનો સમય *t* (s)				આવર્તકાળ T = t/n (s)
				1	2	3	સરેરાશ *t* (s)	

ગણતરી



આકૃતિ E 10.2 : હેલીકલ સ્પ્રિંગ માટે T^2 અને *m* વચ્ચેનો આલેખ

સમીકરણ (E 10.5)માં m_1, m_2, m_3 અને T_1, T_2, T_3ની કિંમતો મૂકો.

$$K_1 = 4\pi^2 (m_1 - m_2)/\left(T_1^2 - T_2^2\right)$$

$$K_2 = 4\pi^2 (m_2 - m_3)/\left(T_2^2 - T_3^2\right)$$

$$K_3 = 4\pi^2 (m_1 - m_3)/\left(T_1^2 - T_3^2\right)$$

K_1, K_2, અને K_3ના મૂલ્યો મેળવો તેની સરેરાશ કિંમત એ આપેલ હેલીકલ સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગઅચળાંક K છે. પરિણામને યોગ્ય SI એકમ અને સાર્થક અંકો સહિત દર્શાવો.

સ્પ્રિંગઅચળાંક અને સ્પ્રિંગનું અસરકારક દ્રવ્યમાન T^2 અને *m* વચ્ચેના આલેખ પરથી પણ મેળવી શકાય છે. કે જે આકૃતિ E 10.2માં દર્શાવ્યા મુજબ સુરેખ મળે.

સુરેખ આલેખના ઢાળ m' નો ઉપયોગ કરી હેલીકલ આકારની સ્પ્રિંગના સ્પ્રિંગઅચળાંકનું મૂલ્ય $K\left(=\dfrac{4\pi^2}{m'}\right)$ મેળવી શકાય છે.

y-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ *c* અને ઢાળ m'ના મૂલ્યો જાણીને હેલીકલ સ્પ્રિંગનું અસરકારક દ્રવ્યમાન $m_o\left(=\dfrac{c}{m'}\right)$ ગણી શકાય છે. આ ઉપરાંત સુરેખાના x-અક્ષ પરના અંતઃખંડ *c*નું મૂલ્ય જાણવાથી હેલીકલ સ્પ્રિંગનું અસરકારક દ્રવ્યમાન m_o $(=-c')$ સીધેસીધું મેળવી શકાય છે.

પરિણામ

આપેલ હેલીકલ સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગઅચળાંક = ... N m^{-1}

હેલીકલ સ્પ્રિંગનું અસરકારક દ્રવ્યમાન m_o = ... *g* = ... kg

Kમાં ઉદ્‌ભવતી ત્રુટિ, ઢાળમાં ઉદ્‌ભવતી ત્રુટિ પરથી ગણી શકાય.

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta \text{ઢાળ}}{\text{ઢાળ}}$$

અસરકારક દ્રવ્યમાન m_oમાં ઉદ્ભવતી ત્રુટિ એ અંતઃખંડમાં ઉદ્ભવતી ત્રુટિ અને ઢાળમાં ઉદ્ભવતી ત્રુટિ જેટલી હોય છે. એક વાર ત્રુટિની ગણતરી થઈ જાય પછી પરિણામ ત્રુટિ સહિત દર્શાવી શકાય.

ચર્ચા

1. સ્પ્રિંગઅચળાંક શોધવાના પ્રયોગમાં ચોકસાઈ મુખ્યત્વે સ્પ્રિંગના દોલનોના આવર્તકાળ Tના માપનમાં રાખેલી ચોકસાઈ પર આધાર રાખે છે. સમીકરણ (E 10.5)માં આવર્તકાળનું પદ T^2ના સ્વરૂપમાં છે. આથી, Tના માપનમાં નાની સરખી પણ અચોકસાઈ પરિણામમાં T^2ના સ્વરૂપમાં આવે છે. જે પરિણામને અસરકારક રીતે અસર કરે છે. 0.1 sની ચોકસાઈવાળી સ્ટોપ વૉચ વાપરવી વધારે હિતાવહ છે.
2. સ્ટોપ વૉચ ચાલુ કે બંધ કરવામાં મોડું થવાથી કેટલીક વ્યક્તિગત ત્રુટિઓ પરિણામમાં હંમેશાં ઉદ્ભવે છે.
3. હવાના પ્રવાહો કેટલીક વખત દોલનોને અસર કરે છે. પરિણામે આવર્તકાળ પર અસર થાય છે. જો લટકાવેલ પદાર્થ ઝડપથી છોડી દેવામાં આવે તો તે પણ દોલનોના આવર્તકાળ પર અસર કરે છે. આથી, પદાર્થને મધ્યમાન સ્થાનથી કોઈ એક છેડા પર (ઉપર તરફના કે નીચે તરફના) લઈ જવામાં આવે ત્યારે ખૂબ જ ધીમેથી છોડી દેવાની ખાસ કાળજી રાખવી જોઈએ.
4. સ્પ્રિંગના છેડે લટકાવેલ પદાર્થ મધ્યમાન, સમતોલન સ્થાનની આસપાસ તરફ અને વિરુદ્ધ દિશામાં (સ.આ.ગ.માં) ગતિ કરવો જોઈએ. સમીકરણ (E 10.1) અને (E 10.2) દોલનોના નાના કંપવિસ્તાર માટે અથવા સ્થિતિસ્થાપકતાની હદ (હુકનો નિયમ)ની મર્યાદામાં સ્પ્રિંગમાં નાના વધારા માટે જ સાચું છે. પ્રારંભમાં પદાર્થને ખૂબ નાના અંતર માટે ખેંચીને ખૂબ જ ધીમેથી દોલનો માટે ઉર્ધ્વ દિશામાં દોલિત કરવા છોડી દેવાની કાળજી રાખો.
5. હેલીકલ સ્પ્રિંગના દોલનો સંપૂર્ણપણે અવમંદન વગરના (પ્રાકૃતિક) હોતા નથી. હવાના ઉત્પ્લાવકબળ અને શ્યાનતાને પરિણામે દોલનોનો આવર્તકાળ સહેજ વધે છે. નાની અને ઊંચી ઘનતાવાળા પદાર્થ (સ્ટીલ/બ્રાસ જેવા પદાર્થ)માંથી બનાવેલ નરમ સ્પ્રિંગ વાપરવાથી આ અસર ઘટાડી શકાય છે.
6. હેલીકલ સ્પ્રિંગને લટકાવવા દૃઢ આધાર જરૂરી છે. ક્યારેક ખાંચાવાળા વજનિયાં તેમના લખેલ દ્રવ્યમાન જેટલું જ દ્રવ્યમાન ધરાવતા હોતાં નથી આથી દોલનોના આવર્તકાળમાં કેટલીક વખત આધાર અને પદાર્થના દ્રવ્યમાનના સ્વીકારેલ મૂલ્યને લીધે કેટલીક ત્રુટિ દાખલ થાય છે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. બે સ્પ્રિંગ - A (નરમ) અને B (કડક), એક જ દૃઢ આધાર પરથી વારાફરતી તેમના પલ્લામાં સમાન દ્રવ્યમાન મૂકી લટકાવો. તેમના ઉર્ધ્વદિશાના દોલનો જુદાજુદા સમયે મેળવો અને તેમના દોલનોનો આવર્તકાળ નોંધો. કઈ સ્પ્રિંગના દોલનો ધીમા હશે ?
2. તમને છ જાણીતા દ્રવ્યમાનો (m_1, m_2, m_3,.....m_6) હેલીકલ સ્પ્રિંગ અને સ્ટોપ વૉચ આપેલ છે. હેલીકલ સ્પ્રિંગના છેડે તેમને વારાફરતી લટકાવી તેમના દોલનોને અનુરૂપ આવર્તકાળ (T_1, T_2, ...T_6) માપવાનું કહેવામાં આવે છે.

(a) સમીકરણ (E 10.2) અનુસાર અને પદાર્થના દ્રવ્યમાન m, x-અક્ષ પર અને T^2, y-અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરતાં, તેના વક્રનો આકાર કેવો મળે ?

(b) ઉપર દોરેલ આલેખના ઢાળ, x-અક્ષ અને y-અક્ષ પરના અંતઃખંડનું અર્થઘટન કરો અને તે પરથી (i) હેલીકલ સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગઅચળાંક K અને (ii) તેનું અસરકારક દ્રવ્યમાન m_o શોધો.

[**Hint :** (a) સમીકરણ (E 10.2), $T^2 = (4\pi^2/K)\ m + (4\pi^2/K)\ m_o$ સ્વરૂપે ફરીથી લખી શકાય જે m ઢાળ અને y-અક્ષ પર c અંતઃખંડ બનાવતી રેખાના સમીકરણ $y = mx + c$, જેવું છે. m અને T^2 વચ્ચેનો આલેખ આકૃતિ E 10.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર રેખા AB જેવો મળવો જોઈએ. ઉપર (a)માં દર્શાવેલ સમીકરણ અનુસાર,

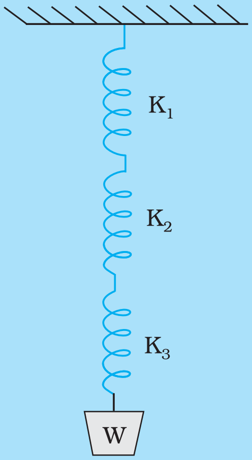
y-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ (OD), $c = (4\pi^2/K)\ m_o$; $(x = 0, y = c)$

x-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ (OE), $c' = -c/m' = -m_o$; $(y = 0, x = c/m')$

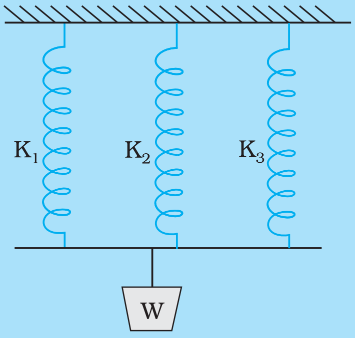
ઢાળ, $m' = \tan\theta = OD/OE = c/c' = -c/m_o = (4\pi^2/K)$]

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. જુદાં જુદાં સ્પ્રિંગઅચળાંક K_1, K_2, K_3 ધરાવતી ત્રણ સ્પ્રિંગ લો અને તેમને આકૃતિ E 10.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે શ્રેણીમાં જોડો. સંયુક્ત સ્પ્રિંગના દોલનોનો આવર્તકાળ શોધો અને સ્પ્રિંગના વ્યક્તિગત સ્પ્રિંગઅચળાંક અને સંયુક્ત સ્પ્રિંગઅચળાંક વચ્ચેનો સંબંધ તપાસો.
2. ઉપર્યુક્ત પ્રવૃત્તિ E 10.4માં દર્શાવ્યા મુજબની ગોઠવણી માટે પુનરાવર્તિત કરો અને બંને ગોઠવણીઓ માટે સ્પ્રિંગઅચળાંક અને આવર્તકાળમાં કોઈ તફાવત છે કે કેમ તે શોધો.
3. સ્પ્રિંગઅચળાંક 20.5 N m^{-1} છે તેનું ભૌતિક મહત્ત્વ શું થાય ?
4. જો શક્ય હોય, તો સ્પ્રિંગનું દ્રવ્યમાન માપો. શું આ દ્રવ્યમાન અસરકારક દ્રવ્યમાન m_o સાથે સંબંધિત છે ?



આકૃતિ E 10.3 : શ્રેણીમાં જોડેલ સ્પ્રિંગ



આકૃતિ E 10.4 : સમાંતરમાં જોડેલ સ્પ્રિંગ

પ્રયોગ 11

હેતુ

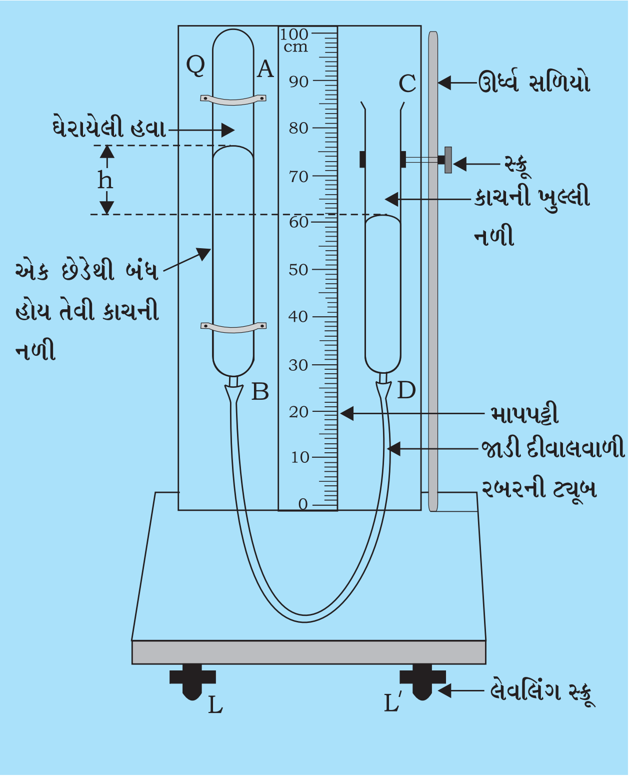
નિયત તાપમાને નિશ્ચિત હવાના જથ્થાના માટે દબાણ (P) સાથે કદ (V)માં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ P અને V તથા P અને $\frac{1}{V}$ના આલેખની મદદથી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

બોઈલના નિયમનું સાધન, ફોર્ટિનનું બેરોમીટર, વર્નિયર કેલીપર્સ, થર્મોમીટર, સેટસ્કેવર અને સ્પિરિટ લેવલ.

વર્ણન અને સાધન

બોઈલના નિયમનું સાધન લગભગ 25 cm લંબાઈ અને 0.5 cm વ્યાસ ધરાવતી કાચની બે નળીઓ ધરાવે છે (આકૃતિ E 11.1). એક ટ્યૂબ AB એક છેડેથી બંધ અને બીજી ટ્યૂબ CD ખુલ્લી હોય છે. બંને નળીઓ બીજા છેડે પાતળા છેડામાં પરિણમે છે (B અને D). B અને D છેડાઓ જાડી દિવાલવાળી રબરની ટ્યુબથી જોડેલી હોય છે. કાચની નળી AB શિરોલંબ રીતે માપપટ્ટી સાથે જોડેલી હોય છે. બીજી નળી CD શિરોલંબ દિશામાં શિરોલંબ સળિયા સાથે સરકી શકે તેવી હોય છે અને તેને ગમે તે ઊંચાઈએ સ્ક્રૂ Sની મદદથી સ્થિર ગોઠવી શકાય છે.



આકૃતિ E 11.1 : બોઈલના નિયમનું સાધન

નળી CD, AB અને રબરની પાઈપમાં પારો ભરેલ હોય છે. બંધ ટ્યૂબ ABમાં કંઈક હવા ઘેરાયેલી રહે છે. નળીમાં હવાનું કદ હવાના સ્તંભની લંબાઈના સમપ્રમાણમાં હોય છે કેમકે તે સમાન આડછેદ ધરાવે છે.

આ સાધનને સમક્ષિતિજ સમતલ પર ઉર્ધ્વ સ્ટેન્ડ સાથે ગોઠવેલ હોય છે. આ એકમ (સાધન) સાથે લેવલિંગ સ્ક્રૂ આપેલ હોય છે.

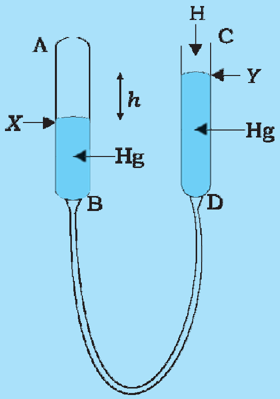
પદ્ધતિ

(a) દબાણનું માપન :

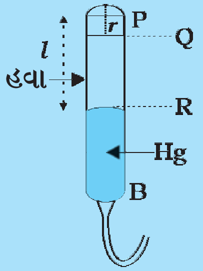
AB ટ્યૂબમાં ઘેરાયેલી હવાનું દબાણ માપવા માટે બે નળી AB અને CDમાં પારાની સપાટી (X અને Y)વચ્ચેનો તફાવત (h) મેળવવામાં (નોંધવામાં) આવે છે. કેમકે એકબીજા સાથે જોડાયેલ પાત્રમાં (નળીમાં) કોઈ પણ સમક્ષિતિજ સપાટીઓએ એક સમાન દબાણ હોય છે.

(E 11.1) P (ઘેરાયેલી હવાનું દબાણ) $= \text{H} \pm h$

જ્યાં H વાતાવરણનું દબાણ છે.



આકૃતિ E 11.2 : AB નળીમાં હવાનું દબાણ = H + h



આકૃતિ E 11.3 : AB નળીમાં ઘેરાયેલી હવાનું કદ

(b) ઘેરાયેલી હવાના કદનું માપન

બંધ નળી અંકિત ન હોય તેવા કિસ્સામાં

નળીમાં હવાનું કદ

= PR લંબાઈમાં હવાનું કદ – વક્રાકાર PQ ભાગમાં હવાનું કદ

ધારોકે નળીની ત્રિજ્યા r છે.

વક્રાકાર ભાગનું કદ = r ત્રિજ્યાના અર્ધગોળાનું કદ

$$= \frac{1}{2} \times \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{2}{3}\pi r^3$$

PQ નું કદ $= \pi r^2 \times r = \pi r^3$

કદમાં ત્રુટિ $= \pi r^3 - \frac{2}{3}\pi r^3 = \frac{1}{3}\pi r^3$

લંબાઈમાં પરિણામી ત્રુટિ $= \dfrac{\frac{1}{3}\pi r^3}{\pi r^2} = \frac{1}{3} r$

લંબાઈમાં સુધારો $= -\frac{1}{3}r = -\frac{1}{3}$ PQ (E 11.2)

આ પદ માપેલ લંબાઈ *l*માંથી બાદ કરવું પડે.

બોઈલનો નિયમ : નિયત તાપમાને, ઘેરાયેલી હવાના દ્રવ્યમાનને લીધે ઉદ્ભવતું દબાણ, તેના કદના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

$$P \alpha \frac{1}{V}$$

અથવા PV = અચળ (E 11.3)

આથી, P – V આલેખ વક્ર મળે જ્યારે P – $\frac{1}{V}$નો આલેખ સુરેખ મળે.

(c) આપેલા દબાણ માટે હવાનું કદ માપવું.

1. થર્મોમીટરની મદદથી ઓરડાનું તાપમાન નોંધો.
2. ફોર્ટિનના બેરોમીટર (પરિયોજના P – 9)ની મદદથી વાતાવરણનું દબાણ નોંધો.
3. લેવલિંગ સ્ક્રૂ અને સ્પિરિટ લેવલની મદદથી સાધનને શિરોલંબ દિશામાં ગોઠવો.
4. નળી CDને સરકાવીને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેમાં પારાની સપાટી નળી ABમાંના પારાની સપાટી જેટલી થાય. પારાની ઉપરના બહિર્ગોળ મેનીસ્કસનું અવલોકન લેવા સેટસ્ક્વેરનો ઉપયોગ કરો.
5. બંધ નળીના ઉપરના છેડા P અને વક્રસપાટી શરૂ થાય તે બિંદુ Q ને અનુરૂપ માપપટ્ટી પરથી અવલોકનો નોંધો $\frac{1}{3}$ PQની ગણતરી કરી તેની નોંધ કરો.
6. CD ને એવી રીતે ઉપર લઈ જાવ કે જેથી નળી AB અને CDમાં પારાની સપાટી જુદી જુદી મળે. નળી AB અને CDમાં પારાની સપાટીના મેનીસ્કસ x અને yનું કાળજીપૂર્વક અવલોકન લેવા સેટસ્ક્વેરનો ઉપયોગ કરો.
7. *h* ના 5 જુદા જુદા મૂલ્યો માટે નળી CD ની ગોઠવણીનું પુનરાવર્તન કરો. આ ખૂબ જ ધીમેથી અને ધક્કો ન લાગે તે રીતે કરો. ABની સાપેક્ષે CD ના સ્થાનમાં ધીમેથી ફેરફાર કરો અને ધ્યાન રાખો કે ત્યાં તાપમાનમાં ફેરફાર ન થાય, નહિતર બોઈલનો નિયમ માન્ય રહેશે નહિ.
8. બંધ નળી AB નો વ્યાસ નક્કી કરવા માટે વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરો અને તે પરથી તેની ત્રિજ્યા *r* શોધો. $\frac{1}{3}$ PQ $= \frac{1}{3}r$ ગણો.
9. તમારા અવલોકનો કોષ્ટક E 11.1 માં નોંધો.
10. (i) P વિરુદ્ધ V અને (ii) P અને $\frac{1}{V}$ના આલેખ દોરો. આલેખનું અર્થઘટન કરો.

અવલોકનો અને ગણતરી

1. ઓરડાનું તાપમાન = ... °C
2. ફોર્ટિનના બેરોમીટરની મદદથી નોંધેલ વાતાવરણનું દબાણ = ... cm Hg
3. AB નળીના વક્રભાગને લીધે ઊંચાઈ *l*માં સુધારો.

   (a) બંધ નળી ABની ટોચ માટેનું અવલોકન (P) = ... cm.

   નળી ABની એક સમાન પહોળાઈવાળો ભાગ શરૂ થાય (અથવા વક્રસપાટી અંત પામે) તે બિંદુનું અવલોકન Q = ... cm.

   તફાવત (P – Q) = r = ... cm.

   સુધારો $\frac{1}{3}$ r = ... cm..

   અથવા

   (b) નળી ABનો વ્યાસ = d = ... cm.

   ત્રિજ્યા $r = \frac{1}{2}$d = ... cm.

   ઊંચાઈ *l* માં સુધારો = $\frac{1}{3}$ r.

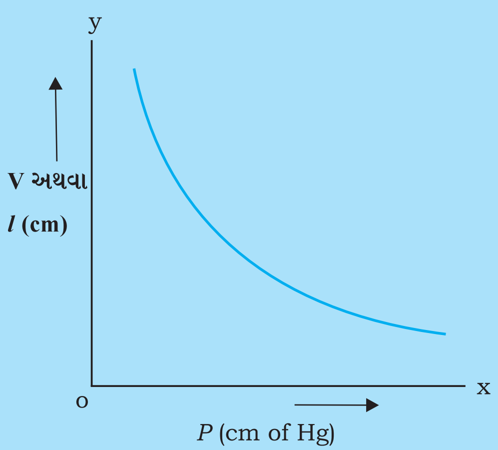
પરિણામ

1. પ્રાયોગિક મર્યાદામાં રહીને P અને V નો આલેખ વક્ર મળે છે.
2. પ્રાયોગિક મર્યાદામાં રહીને PV ગુણાકાર અચળ રહે છે. (ગણતરી પરથી)

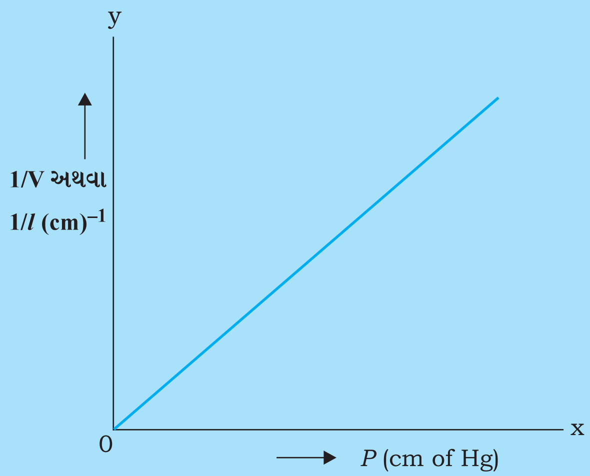
કોષ્ટક E 11.1 : બંધ હવાના કદ અને દબાણનું માપન

ક્રમ નં.	બંધ નળી ABમાં પારાની સપાટી X (cm-Hg)	ખુલ્લી નળી CDમાં પારાની સપાટી Y(cm-Hg)	દબાણ તફાવત h = X -Y (cm-Hg)	ABમાં હવાનું દબાણ =H ± h (cm-Hg)	હવાનું કદ XA $\left(l - \frac{1}{3}r\right)$	PV અથવા P × l	$\frac{1}{V}$ અથવા $\frac{1}{l}$
(1)							
(2)							
(3)							
(4)							

નોંધ : જ્યારે નળી ABમાં હવાનું દબાણ વાતાવરણના દબાણ કરતાં વધારે કે ઓછું હોય, ત્યારે H ± *h*ને સપાટી X અને Yના સંદર્ભમાં ગણતરીમાં લઈ શકાય.



આકૃતિ E 11.4 : કદ V અને દબાણ P વચ્ચેનો આલેખ



આકૃતિ E 11.5 : $\frac{1}{V}$ અને દબાણ P વચ્ચેનો આલેખ

નોંધો કે આકૃતિ E 11.4માં દર્શાવ્યા મુજબ P અને V વચ્ચેનો આલેખ વક્ર અને P અને $\frac{1}{V}$ વચ્ચેનો આલેખ સુરેખ મળે છે (આકૃતિ E 11.5).

3. P અને Vનો સુરેખ આલેખ દર્શાવે છે કે અચળ તાપમાને આપેલ દ્રવ્યમાનની ઘેરાયેલી હવાનું દબાણ તેના કદના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

સાવચેતીઓ

1. સાધન જ્યારે ઉપયોગમાં લેવાતું ન હોય, ત્યારે તેને ઢાંકીને રાખવું
2. અવલોકન લેતા હોય તે દરમિયાન સાધનને ખસેડવું નહિ.
3. જ્યારે બંધ નળીમાં હવાનું કદ માપતા હોય ત્યારે વક્ર ભાગને લીધે મળતા સુધારાને ધ્યાનમાં રાખો.
4. ઉપયોગમાં લીધેલ પારો સ્વચ્છ હોવો જોઈએ અને કાચ પર પારાનો કોઈ અંશ ન હોવો જોઈએ. જ્યારે ઉપયોગ થતો ન હોય ત્યારે ખુલ્લી નળીમાં રૂનો બૂચ લગાડો.
5. પારાની સપાટીનું અવલોકન લેતા હોય, ત્યારે તેની ઉપરના મેનીસ્કસને સ્પર્શકરૂપે સેટસ્ક્વેર ગોઠવવું જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. ઘેરાયેલી હવા સૂકી ન પણ હોય.
2. પ્રયોગ દરમિયાન પ્રયોગશાળામાં વાતાવરણનું દબાણ અને તાપમાન બદલાઈ શકે છે.

3. બંધ નળી ABનો બંધ છેડો અર્ધગોળાકાર હોતો નથી.
4. વાતાવરણના સંપર્કને લીધે પારો તેના ઑક્સાઇડમાં રૂપાંતરિત થઈ શકે છે.

ચર્ચા

1. ઊંચાઈના તફાવત (h)ની ચોકસાઈ માટે સાધન શિરોલંબ દિશામાં જ છે તેની ચકાસણી કરો.
2. કાચની બંને નળીના વ્યાસ સરખા અથવા સરખા ન પણ હોય; પરંતુ સાધન શિરોલંબ હોવું જ જોઈએ.
3. ખુલ્લી નળીને ઉપર કે નીચે ખૂબ જ ધીમેથી લઈ જવી જોઈએ કે જેથી ઘેરાયેલી હવાનું તાપમાન સમાન જળવાઈ રહે.
4. અવલોકનો ક્રમમાં લેવા જોઈએ (વાતાવરણના દબાણ કરતાં વધારે અને ઓછા). આ વિચારણા ખૂબ મોટો વિસ્તાર સૂચવે છે તથા જો તે ધીમેથી લેવામાં આવે તો વાતાવરણનું દબાણ અને તાપમાન સમગ્ર અવલોકનો દરમિયાન સમાન જળવાઈ રહે છે. આથી, સમયનો બગાડ થતો નથી.
5. સેટસ્ક્વેરની મદદથી બંને નળીમાં પારાના ઉપરના મેનીસ્કસના અવલોકનોની નોંધ શા માટે કાળજીપૂર્વક કરવી જોઈએ ?

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. $\frac{1}{V}$ વિરુદ્ધ 'h'નો આલેખ દોરો અને જ્યારે $h = 0$ હોય, ત્યારે $\frac{1}{V}$નું મૂલ્ય નક્કી કરો. આ કિંમતને વાતાવરણના દબાણની સાથે સરખાવો. તમારા પરિણામનું યોગ્ય અર્થઘટન આપો.
2. બંધ નળીના વક્રભાગના કદનો અંદાજ મેળવવા માટે બે રીતો ઉપર તમારું મંતવ્ય જણાવો. આ બે રીત માટે કંઈ ધારણાઓ કરવામાં આવી છે ?
3. જો AB નળીનો વ્યાસ ખૂબ જ વધારે હોય, તો શા માટે વક્રભાગનો અંદાજ અવિશ્વસનીય હોય છે ?
4. જ્યારે સાધનનો ઉપયોગ કરતા ન હોય ત્યારે ખુલ્લી નળીમાં રહેલા પારાને દૂષિત થતો અટકાવવા તેને ઢાંકીને રાખવું જોઈએ. પારાનું ઑક્સિડેશન પ્રયોગને કેવી રીતે અસર કરે છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. સાધનને એક બાજુ સહેજ નમાવીને X અને Yના બે અથવા ત્રણ મૂલ્યો માટે 'h'ના મૂલ્ય નોંધો.
2. કાચની યુ-નળી લો. તેને પાણીથી ભરો. તેની એક ભૂજામાં તેલ ભરો. બે ભૂજાઓમાં પાણીની ઊંચાઈ, પાણી અને તેલની ઊંચાઈનો તફાવત નોંધો. તેલની ઘનતા જાણી શકાય. આ પ્રયોગમાં વાતાવરણનું દબાણ શું ભાગ ભજવે છે ?

પ્રયોગ 12

હેતુ

કેશાકર્ષણની રીતથી પાણીનું પૃષ્ઠતાણ શોધવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

કાચની અથવા પ્લાસ્ટીકની કેશનળી, ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર, બીકર, ટાંકણી સાથેનો બૂચ, ક્લેમ્પ અને સ્ટેન્ડ, થર્મોમીટર, મંદ નાઇટ્રીક ઍસિડનું દ્રાવણ, મંદ કોસ્ટીક સોડાનું દ્રાવણ, પાણી, ઓળંબો.

સિદ્ધાંત

જ્યારે પ્રવાહી કેશનળીમાં ઉપર જતું હોય (આકૃતિ E 12.1) ત્યારે મેનિસ્કસની નીચે રહેલા ρ ઘનતાના પ્રવાહીનું વજન, સંપર્ક સપાટીના પરિઘ પર ઉર્ધ્વદિશામાં લાગતા પૃષ્ઠતાણ જેટલું હોય છે. આથી,

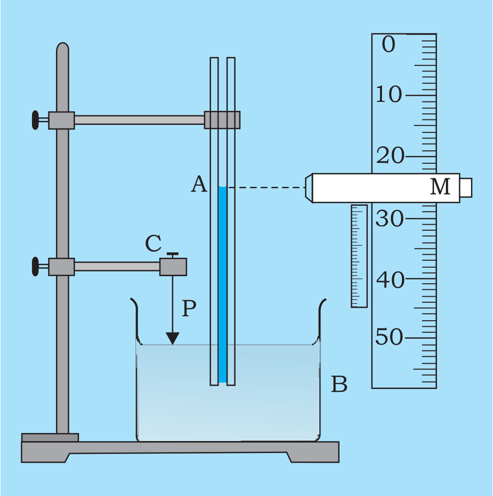
$$2\pi r T = \pi r^2 h \rho g \quad \text{(લગભગ) પાણી માટે}$$

અથવા $$T = \frac{h\rho g r}{2}$$

જ્યાં T = પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ

h = પ્રવાહીના સ્તંભની ઊંચાઈ

r = કેશનળીની અંદરની ત્રિજ્યા



આકૃતિ E 12.1 : કેશનળીમાં પ્રવાહીનું ઉર્ધ્વગમન

પદ્ધતિ

1. બારી પાસે યોગ્ય જગ્યાએ પ્રયોગ કરો અથવા પ્રકાશિત બલ્બનો ઉપયોગ કરો.
2. કેશનળી અને બીકરને કોસ્ટીક સોડા અને નાઇટ્રીક ઍસિડના દ્રાવણથી વારાફરતી સાફ કરી અંતમાં પાણી વડે સંપૂર્ણપણે સાફ કરો.
3. બીકરમાં પાણી ભરો અને તેનું તાપમાન માપો.
4. કેશનળીને બીકરની ઉપર રાખી, તેના ઉપરના છેડાને ક્લેમ્પ વડે જડી દો. ઓળંબાનો ઉપયોગ કરી તેને ઉર્ધ્વ ગોઠવો નળીને નીચે ખસેડો કે જેથી તેનો નીચેનો છેડો બીકરના પાણીમાં ડૂબે.

5. ટાંકણી Pને બૂચ Cમાં દબાવી, બીજા ક્લેમ્પમાં એવી રીતે જડો કે જેથી તેની અણી આકૃતિ E 12.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પાણીની સપાટીને સ્પર્શે. ટાંકણી કેશનળીને અડકે નહિ તેનું ધ્યાન રાખો. ટાંકણીને ધીમે ધીમે નીચે કરો જેથી તેની અણી પાણીની સપાટીને ફક્ત સ્પર્શે. આવું કરવા માટે ટાંકણીની અણી અને પાણીમાં તેનું પ્રતિબિંબ એકાકાર થાય.
6. હવે ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર Mને કેશનળીમાં રહેલા પાણીની મેનિસ્કસ Aની સામે ગોઠવો. ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રના ક્રોસવાયરને મેનિસ્કસના નીચેના બિંદુએ સ્પર્શક તરીકે ગોઠવો, જે ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર Mમાં ઊંધુ દેખાશે. જો મેનિસ્કસને ગોઠવવામાં તકલીફ પડે તો કેશનળીના બહારની બાજુએ મેનિસ્કસના નીચેના બિંદુએ કાગળના નાના ટુકડાને મૂકો અને તેને સંદર્ભ તરીકે ગોઠવો અને ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રનું અવલોકન લો.
7. મેનિસ્કસની સ્થિતિનું કેશનળી પર પેન વડે નિશાન કરો. હવે કાળજીપૂર્વક કેશનળી અને બીકરને ટાંકણીની સ્થિતિમાં ફેરફાર થાય નહિ તે રીતે દૂર કરો.
8. ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રને ટાંકણીની અણી પર ગોઠવો અને ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રનું અવલોકન લો.
9. કાળજીપૂર્વક નિશાન કરેલા બિંદુ પાસેથી કેશનળી કાપી લો. કેશનળીને સ્ટેન્ડ પર સમક્ષિતિજ ગોઠવો. હવે ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રને નળીના આડા/આડછેદ પર ગોઠવી તેના આંતરિક વ્યાસના બે પરસ્પર લંબ દિશાના અવલોકનો લો.

અવલોકનો

*h*નું માપન

માઈક્રોસ્કોપનું લઘુત્તમ માપ = ... mm

કોષ્ટક E 12.1 : કેશાકર્ષણનું માપન

ક્રમ નં.	મેનિસ્કસનું અવલોકન h_1 (cm)			પાણીની સપાટીને સ્પર્શતી પીનની અણીનું અવલોકન h_2 (cm)			$h = h_1 - h_2$
	મુખ્ય માપનું અવલોકન S (cm)	વર્નિયર માપનું અવલોકન *n*	h_1 = (S + *n* × લઘુત્તમ માપ)	મુખ્ય માપનું અવલોકન S′ (cm)	વર્નિયર માપનું અવલોકન *n*′	h_2 = (S′ + *n* × લઘુત્તમ માપ) (cm)	
1							
2							
3							

કોષ્ટક E 12.2 : કેશનળીના વ્યાસનું માપન

ક્રમ	એક વ્યાસ પરના અવલોકન (cm)		વ્યાસ $d_1(x_2-x_1)$	લંબ વ્યાસ પરના અવલોકન (cm)		વ્યાસ $d_2(y_2-y_1)$	સરેરાશ વ્યાસ d
	એક છેડો	બીજો છેડો	(cm)	એક છેડો	બીજો છેડો	(cm)	$=\dfrac{d_1+d_2}{2}$
1	x_1	x_2		y_1	y_2		
2							
3							

સરેરાશ ત્રિજ્યા r = ... cm; પાણીનું તાપમાન θ = ... °C

0 °C તાપમાને પાણીની ઘનતા = ... g cm^{-3}

ગણતરી

Tના સૂત્રમાં h, r, g અને ρ ની કિંમત મૂકી પૃષ્ઠતાણની ગણતરી કરો.

પરિણામ

પાણીનું .... °C તાપમાને પૃષ્ઠતાણ = ... ± .... Nm^{-1}

સાવચેતી

1. કેશનળીમાં કોઈ પણ અશુદ્ધિ ન રહે તે માટે તેને પહેલા કોસ્ટિક સોડાના દ્રાવણમાં અને પછી મંદ નાઇટ્રીક ઍસિડના દ્રાવણમાં ડુબાડી અને છેલ્લે પાણી વડે સંપૂર્ણપણે વીંછળવી.
2. કેશનળીને પાણીમાં ડુબાડતી વખતે શિરોલંબ રાખવી.
3. કેશનળી પૂરતા પ્રમાણમાં ભીંજાયેલી છે તે ખાત્રી કરવી, બીકરને ઊંચું નીચું કરો. પાત્રમાં પાણીની સપાટી ઊંચી નીચી કરવી. કેશનળીમાં પાણીના લેવલની ઊંચાઈમાં કોઈ ફેર પડવો જોઈએ નહિ.
4. કેશનળીના પાણીની ઉંચાઈનું લેવલ, બીકરની ધારથી સહેજ ઉંચે હોવું જોઈએ જેથી અવલોકન લેવામાં તેની ધાર અવરોધક ન બને.
5. પ્રયોગ પહેલાં અને પછી તાપમાન નોંધવું.
6. પાણીના સ્તંભની ઊંચાઈનું માપન અંતર્ગોળ મેનિસ્કસના નીચેના બિંદુએથી કરવું.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. પ્રવાહીમાં કોરી કેશનળી મૂકવાથી પૃષ્ઠતાણના માપનમાં સારી એવી ત્રુટિ આવે કારણ કે જ્યારે પાત્રમાં લેવલ ઘટાડીએ ત્યારે કેશનળીમાં પ્રવાહીનું લેવલ ન પણ ઘટે.

2. અશુદ્ધિઓ અને તાપમાનના કારણે પણ પૃષ્ઠતાણ બદલાય છે.
3. શિરોલંબ ન ગોઠવાયેલી કેશનળીમાં પાણીના સ્તંભની ઉંચાઈના માપનમાં ત્રુટિ આવી શકે.
4. ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં મેનિસ્કસની અયોગ્ય ગોઠવણીના કારણે કેશનળીમાં પ્રવાહીના સ્તંભની ઊંચાઈના માપનમાં ત્રુટિ ઉદ્ભવી શકે.

ચર્ચા

1. અત્યંત પાતળી કેશનળીમાં મેનિસ્કસ અર્ધગોળાકાર લઈ શકાય અને મેનિસ્કસના નીચેના બિંદુથી ઉપરના પ્રવાહીનું વજન $\frac{1}{3}\rho r^3\pi g$ છે આ બળને ધ્યાનમાં લેતાં પૃષ્ઠતાણનું સુધારેલું સૂત્ર $T = \frac{1}{2}\rho g r\left(h + \frac{r}{3}\right)$ થાય. પૃષ્ઠતાણની વધુ ચોકસાઈવાળી ગણતરી આ સૂત્રથી થઈ શકે.
2. જો કેશનળી કોરી હશે તો તેમાં ચોક્કસ ઊંચાઈ સુધી ગયેલું પાણી પાછું નીચે આવતું નથી. આથી, કેશનળી અંદરથી ભીની હોવી જરૂરી છે. કેશનળીની અંદરની સપાટી બરાબર ભીંજાય તે માટે તેને બીકરના પાણીની અંદર ઉપર-નીચે કરો વૈકલ્પિક રીતે બીકરને પણ ઉપર-નીચે કરી શકાય.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. જો કેશનળીની લંબાઈ, પાણીની સપાટીની શક્ય ઊંચાઈ કરતાં ઓછી હોય તો, આવી કેશનળીને પાણીમાં ડૂબાડતાં શું થાય ? તમારો જવાબ સમજાવો.
2. બે માચીસની સળીઓ એકબીજાને સમાંતર, એકબીજાથી તદ્દ્ન નજીક તરતી હોય અને જો એક ટીપું સાબુનું દ્રાવણ અથવા એક ટીપું ગરમ પાણીનું બંનેની વચ્ચે પાડવામાં આવે તો શું થાય ? તમારો જવાબ સમજાવો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. જુદા-જુદા તાપમાને પ્રયોગ કરી શકાય અને પૃષ્ઠતાણ પર તાપમાનની અસરનો અભ્યાસ કરી શકાય.
2. અશુદ્ધિ જેવી કે NaCl અથવા ખાંડનું દ્રાવણ ઉમેરી પ્રયોગ કરી શકાય અને અશુદ્ધિના લીધે પૃષ્ઠતાણ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરી શકાય.
3. ઢોળાવવાળી સ્થિતિમાં કેશનળીને ગોઠવીને તેમાં ઉપર જતા પ્રવાહીની ઊંચાઈનો અભ્યાસ કરી શકાય.

પ્રયોગ 13

હેતુ

આપેલા પ્રવાહીમાં ગોળાકાર પદાર્થના ટર્મિનલ (અંતિમ) વેગ માપી તે પ્રવાહીનો શ્યાનતા ગુણાંક નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

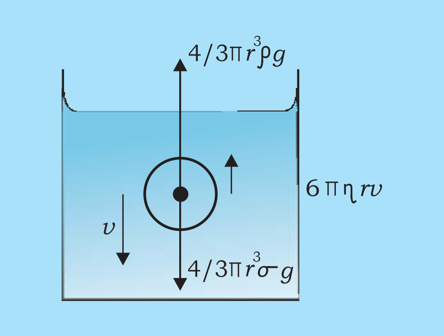
પહોળા વેહ વાળી (લગભગ 1.25 m લાંબી અને 4 cm વ્યાસવાળી) કાચ અથવા એક્રેલિકની નળી, 10 cm લંબાઈ અને 1 cm વ્યાસવાળી ટૂંકી આંતરીક નળી અથવા ફનેલ, 1 mmથી 3 mm વ્યાસવાળા સ્ટીલના ગોળાઓ (છરાઓ). પારદર્શક શ્યાન પ્રવાહી (દિવેલ/ગ્લિસરીન), પ્રયોગનું સ્ટેન્ડ, ચીપિયા, રબરબેન્ડ, રબરની બે સ્ટોપર (કાણાવાળી એક), થર્મોમીટર અને મીટરપટ્ટી.

સિદ્ધાંત

'r' ત્રિજ્યા અને 'σ' ઘનતા ધરાવતા ગોળાકાર પદાર્થને 'ρ' ઘનતા અને 'η' શ્યાનતા ગુણાંક ધરાવતા શ્યાન પ્રવાહીમાં મુક્તપતન આપતા v ટર્મિનલ વેગ મેળવે છે. ઉપરની દિશામાં લાગતા ઉત્પ્લાવક બળ અને શ્યાનતા બળને ગોળા પર અધોદિશામાં લાગતું વજનબળ સમતોલે છે. (આકૃતિ E 13.1).

ગોળા પર લાગતું વજનબળ = ગોળા પર લાગતુ ઉત્પ્લાવક બળ + શ્યાનતા બળ.

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g + 6\pi\eta r v \qquad \text{(E 13.1)}$$



આકૃતિ E 13.1 : શ્યાનપ્રવાહીમાં ટર્મિનલ વેગ સાથે પતન કરતાં ગોળાકાર પદાર્થ પર લાગતા બળો

અથવા $$v = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 (\sigma - \rho) g}{6\pi\eta r} = \frac{2r^2}{9}\frac{(\sigma - \rho) g}{\eta} \qquad \text{(E 13.2)}$$

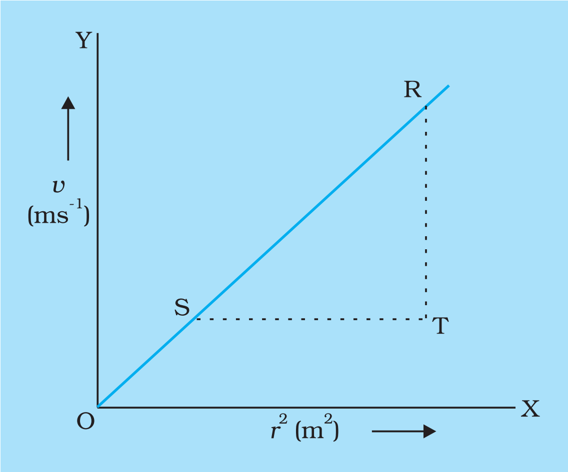
જ્યાં v = ટર્મિનલ વેગ, જે શ્યાન પ્રવાહીમાં ગતિ કરતી વખતે પદાર્થ દ્વારા અચળ બળની અસર હેઠળ મેળવાયેલો અચળ વેગ છે.

ટર્મિનલ વેગ ગોળાકાર પદાર્થના વ્યાસના વર્ગના સમપ્રમાણમાં છે. આથી, જુદી-જુદી ત્રિજ્યાના ગોળાકાર છરાઓને શ્યાન પ્રવાહીમાં મુક્ત પતન કરાવી v વિરુદ્ધ r^2નો આલેખ દોરતાં તે આલેખ સુરેખ મળે છે (આકૃતિ E 13.2).

આ રેખાનો ઢાળ $\frac{v}{r^2}$ નું સરેરાશ મૂલ્ય આપે છે. જેના વડે પ્રવાહીનો શ્યાનતાગુણાંક શોધી શકાય છે. આથી,

$$\eta = \frac{2}{9} g(\sigma - \rho)\frac{r^2}{v} = \frac{2}{9}\frac{(\sigma - \rho)g}{(\text{રેખાનો ઢાળ})}$$

$$= \text{.........}\ \text{Nsm}^{-2}$$



આકૃતિ E 13.2 : ટર્મિનલ વેગ v વિરુદ્ધ ગોળાની ત્રિજ્યાઓ r^2નો આલેખ

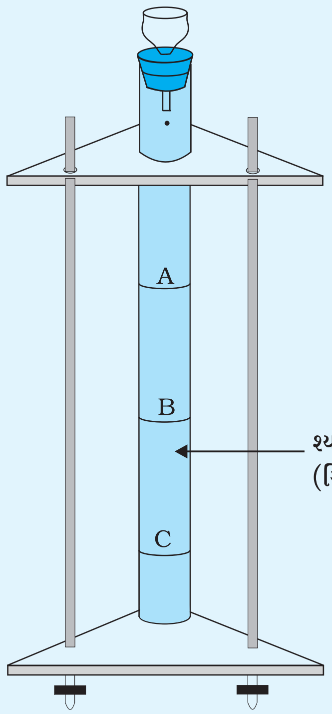
સમીકરણ E 13.3માં આપેલો સંબંધ યોગ્ય રીતે જળવાય તે માટે પ્રવાહી જે પાત્રમાં ભરેલું છે તે પાત્રની ત્રિજ્યા R એ ગોળાકાર છરાની ત્રિજ્યા r કરતાં ઘણી વધારે હોવી જોઈએ. ($R >> r$) તથા નળાકાર પાત્રની ઊંચાઈ પૂરતી હોવી જોઈએ જેથી છરો ટર્મિનલ વેગ મેળવી શકે તથા ગતિ દરમિયાન છરો પાત્રની દીવાલ સાથે સંપર્કમાં આવવો જોઈએ નહિ.

પદ્ધતિ

1. સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
2. ઓરડાનું તાપમાન થર્મોમીટરની મદદથી નોંધો.
3. પહોળા વેહવાળી પારદર્શક કાચની અથવા એક્રેલિકની (જેનો વ્યાસ લગભગ 4 cm અને લંબાઈ લગભગ 1.25 m) નળી લો. પહોળી નળીના એક છેડે હવાચુસ્ત રબરની સ્ટોપર લગાવો. નળીમાં પારદર્શક શ્યાન પ્રવાહી (દા.ત. : ગ્લિસરીન) ભરો. નળીને શિરોલંબ રાખી આકૃતિ E 13.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડમાં લગાવો. પહોળા વેહવાળી નળીમાં રહેલા શ્યાન પ્રવાહીમાં કોઈ હવાનો પરપોટો ન રહે તેનું ધ્યાન રાખો.
4. ત્રણ રબર બેન્ડ A, B અને C પહોળા વેહવાળી નળીને ફરતે એવી રીતે લગાવો કે જેથી નળી ચાર ભાગમાં વહેંચાય (આકૃતિ E 13.3) તથા $AB = BC \approx 30$ cm. રબર બેન્ડ Aને પહોળા વેહવાળી નળીના મુખથી 40 cm નીચે લગાવો. (લંબાઈ એટલી રાખો કે જેથી છરો ટર્મિનલ વેગ મેળવી શકે.)
5. ચોખ્ખા અને કોરા સ્ટીલના જુદી-જુદી ત્રિજ્યાઓના છરાઓનો સેટ અલગ કરો. દરેક સેટમાં ચારથી પાંચ એકસરખી ત્રિજ્યાઓના (r_1) છરાઓ રાખો. આ છરાઓને પેટ્રીડીશ અથવા વૉચ ગ્લાસમાં રાખેલ પ્રાયોગિક શ્યાનપ્રવાહી (ગ્લિસરીન)માં સંપૂર્ણપણે વીંછળો.

નહિતર આ છરા પ્રવાહીમાં પ્રવેશતાં તેની સપાટી પર હવાના પરપોટા ઉદ્ભવે.

6. પહોળી નળીના ખુલ્લા મુખ પાસે રબરની સ્ટૉપર વડે નાની ઇનલેટ (inlet) નળી ગોઠવો. ઇનલેટ (inlet) નળીના સ્થાને કાચની ફનેલનો પણ ઉપયોગ કરી શકાય. આકૃતિ 13. 3માં દર્શાવ્યા મુજબ ચીપિયાની મદદથી r_1 ત્રિજ્યાના નાના ગોળાને નળીના મુખ પાસે રાખી મુક્ત પતન કરાવવામાં આવે છે. ગોળો ઇનલેટ (inlet) નળીમાંથી પસાર થઈ પ્રવાહીના સ્તંભની અક્ષ પર પતન કરે છે.



આકૃતિ E 13.3 **: શ્યાન પ્રવાહી ભરેલ નળીની અક્ષ પર પતન પામતો સ્ટીલનો ગોળો**

7. બે સ્ટોપ વૉચ લો અને જ્યારે ગોળો રબર બેન્ડ A પાસેથી પસાર થાય ત્યારે બંને ચાલુ કરો. જ્યારે ગોળો B પાસેથી પસાર થાય ત્યારે એક સ્ટોપ વૉચ બંધ કરો અને જ્યારે ગોળો C પાસેથી પસાર થાય ત્યારે બીજી સ્ટોપ વૉચ બંધ કરો.
8. બંને સ્ટોપ વૉચથી મળેલા સમય t_1 અને t_2 નોંધો.
   t_1 = Aથી B સુધીનું અંતર કાપવા માટેનો સમય.
   t_2 = Aથી C સુધીનું અંતર કાપવા માટેનો સમય. જો ગોળો 'A' ને ક્રોસ કરે તે પહેલાં તેને ટર્મિનલ વેગ મેળવ્યો હશે તો $t_2 = 2\ t_1$ થાય. જો આમ ન હોય તો પ્રયોગ એ જ પરિસ્થિતિમાં ફરીથી કરો.
9. જુદી-જુદી ત્રિજ્યાના ગોળાઓ લઈ પ્રયોગ પુનરાવર્તિત કરો.
10. દરેક ગોળાનો ટર્મિનલ વેગ શોધો.
11. ટર્મિનલ વેગ 'v' અને ગોળાની ત્રિજ્યાના વર્ગ r^2નો આલેખ દોરો. જે સુરેખ મળશે. રેખાનો ઢાળ શોધો અને તે પરથી સમીકરણ E 13.3નો ઉપયોગ કરી પ્રવાહીનો શ્યાનતા ગુણાંક શોધો.

અવલોકનો

1. પ્રયોગમાં લીધેલ પ્રવાહી (ગ્લિસરીન)નું તાપમાન θ = ... °C
2. સ્ટીલના ગોળાના દ્રવ્યની ઘનતા σ = ... kgm^{-3}
3. નળીમાં રહેલ શ્યાન પ્રવાહીની ઘનતા = ... kgm^{-3}
4. પ્રયોગમાં લીધેલ શ્યાન પ્રવાહીની ઘનતા ρ = ... kgm^{-3}

5. પહોળા વેહવાળી નળીનો આંતરીક વ્યાસ = ... cm = ... m
6. પહોળા વેહવાળી નળીની લંબાઈ = ... cm = ... m
7. A અને B વચ્ચેનું અંતર = ... cm = ... m
8. B અને C વચ્ચેનું અંતર = ... cm = ... m

   બે ક્રમિક રબર બેન્ડ વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર h = ... cm = ... m
9. પ્રયોગશાળાના સ્થળ પર ગુરુત્વપ્રવેગ g = ... ms^{-2}
10. સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ = ...

કોઠો E 13.1 : સ્ટીલના ગોળાઓના પતન માટે લાગતા સમયનું માપન

ક્રમ નં.	નાની ગોળીઓનાવ્યાસ અને ત્રિજ્યા		ગોળીઓની ત્રિજ્યાનો વર્ગ	રબર બેન્ડ વચ્ચેનું અંતર h = ... cm કાપવા લાગતો સમય				ટર્મિનલ વેગ
	d cm	$r = d/2$ (m)	r^2 (m^2)	A અને B t_1 (s)	A અને C t_2 (s)	B અને C $t_3 = t_2 - t_1$ (s)	સરેરાશ સમય $t = \frac{t_1 + t_3}{2}$ (s)	$v = \frac{h}{t}$ (ms^{-1})
1								
2								
3								

આલેખ

r^2 ને x-અક્ષ પર અને v ને y-અક્ષ પર લઈ r^2 અને v નો આલેખ દોરો. આલેખ આકૃતિ 13.2 અનુસાર હશે.

રેખાનો ઢાળ $\frac{v}{r^2} = \frac{RT}{ST}$

આથી, $\eta = \frac{2}{9}\frac{(\sigma - \rho)g}{(\text{રેખાનો ઢાળ})}$

ત્રુટિ $\frac{\Delta\eta}{\eta} = \frac{2\Delta r}{r} + \frac{\Delta\text{ઢાળ}}{\text{ઢાળ}}$

ηની પ્રમાણિત કિંમત = ... Nsm^{-2}

% ત્રુટિ = ... %

પરિણામ

આપેલ શ્યાન પ્રવાહીનો θ = ... °C તાપમાને શ્યાનતા ગુણાંક = ... ± .... Nsm^{-2}

સાવધાની અને ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. ટર્મિનલ વેગ (વધુ ચોક્કસાઈથી શ્યાનબળ F)પરની અસર (ભલે નાની હોય, તો પણ) ઘટાડવા માટે, પ્રાયોગિક શ્યાન પ્રવાહી ધરાવતી પહોળા વેહવાળી નળીની ત્રિજ્યા પતન પામતા ગોળાની ત્રિજ્યા કરતાં ઘણી વધારે રાખવી.
2. સ્ટીલના ગોળાઓનું પતન નળીની દીવાલને સ્પર્શ્યા વગર થવું જોઈએ.
3. શ્યાન પ્રવાહીમાં ગોળાને હળવેકથી મુક્ત પતન આપવું.

ચર્ચા

1. ગોળાઓ સંપૂર્ણ ગોળાકાર હોવા જોઈએ, નહિ તો ટર્મિનલ વેગનું સૂત્ર લગાડી શકાય નહિ.
2. પતન કરતાં ગોળાઓની ગતિ સુરેખ હોવી જોઈએ.
3. પહોળા વેહવાળી નળીનો વ્યાસ, ગોળાઓની સરખામણીમાં ઘણો વધારે હોવો જોઈએ.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. શું વરસાદના બધા ટીપાં કદ પર આધાર રાખ્યા સિવાય જમીન પર એકસરખા વેગથી અથડાય છે ?
2. ગોળાકાર સિવાયના આકાર માટે પણ શું સ્ટોક્સનો નિયમ લગાડી શકાય ?
3. પ્રવાહીના શ્યાનતા ગુણાંક પર તાપમાનની શું અસર થાય છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. જુદી-જુદી ત્રિજ્યાવાળા સ્ટીલના ગોળાઓ માટે 'η'નું મૂલ્ય શોધી શકાય તેની સરખામણી પ્રયોગમાં મળેલ કિંમત સાથે કરવી.
2. સરસીયાંના તેલની શ્યાનતા શોધવી. [**Hint :** સાધનોની ગોઠવણ કરી પહોળા વેહવાળી નળીમાં ગ્લિસરીનના સ્થાને સરસીયાંનું તેલ લેવું.]
3. દૂધની શુદ્ધતા તપાસવી. [**Hint :** લાંબી નળીમાં સરસીયાંના તેલનો ઉપયોગ કરવો. આંખમાં ટીપાં નાખવાના ડ્રોપરમાં દૂધ ભરો. પહોળી વેહવાળી નળીમાં દૂધનું એક ટીપું નાખો અને તેનો ટર્મિનલ વેગ શોધો. સરસીયાંના તેલના શ્યાનતા ગુણાંકના જ્ઞાત મૂલ્યનો ઉપયોગ કરી દૂધની ઘનતાની ગણતરી કરો.]
4. પાણીમાં ઉર્ધ્વગતિ કરતા હવાના પરપોટાના સમય પર પાણીની શ્યાનતાની અસરનો અભ્યાસ. [**Hint :** માછલીઘર (Aquarium) માં વપરાતા પરપોટા બનાવવાના સાધનનો ઉપયોગ કરો. તેને પહોળા વેહવાળી નળીમાં મૂકો, ઉર્ધ્વગતિ કરતા હવાના પરપોટાનો ટર્મિનલ વેગ શોધો.]

પ્રયોગ 14

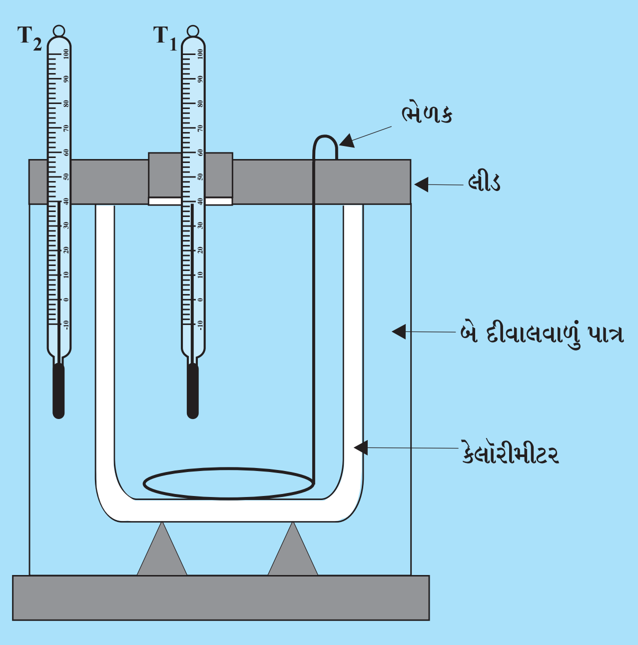
હેતુ

ગરમ પદાર્થના તાપમાન અને સમય વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ શીતનવક્ર (cooling curve) દોરી ને કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ન્યૂટનના શીતનના નિયમનું સાધન કે જેમાં કૉપર કેલૉરીમીટર તથા થર્મોમીટર અને ભેળક ભરાવી શકાય તેવી કાણાં પાડેલી લાકડાની લીડ (ઢાંકણ) અને બે દીવાલવાળું પાત્ર, સેલ્સિયસ માપક્રમના બે થર્મોમીટર (જેનું લઘુત્તમ માપ 0.5 °C કે 0.1 °C હોય) સ્ટોપ ક્લોક, બર્નર, પ્રવાહી (પાણી), ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડ, કાણાંવાળી રબરની બે સ્ટોપર, દોરી અને બીકર.

સાધનનું વર્ણન



આકૃતિ E 14.1 : ન્યૂટનના શીતનના નિયમનું સાધન

આકૃતિ 14.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે શીતનના નિયમના સાધનમાં બે દીવાલવાળું પાત્ર હોય છે જેને અવાહક ઢાંકણ (લીડ) વડે બંધ કરી શકાય. બંને દિવાલો વચ્ચે ભરેલું પાણી ખાત્રી આપે છે કે કેલોરીમીટરના પરિસરનું તાપમાન અચળ રહે છે. પ્રવાહી અને કેલોરીમીટરનું તાપમાન ઘણા લાંબા સમય સુધી અચળ રહે છે જેથી તાપમાનનું માપન સંભવ થાય. કેલોરીમીટરમાં પાણીનું તાપમાન અને બંને દિવાલો વચ્ચે પાણીનું તાપમાન, બે થર્મોમીટરની મદદથી નોંધાય છે.

સિદ્ધાંત (Theory)

ગરમ પદાર્થના ઉષ્મા ગુમાવવાનો દર, ગરમ પદાર્થના તાપમાન અને પરિસરના તાપમાનના તફાવત, દ્રવ્યની જાત અને પદાર્થની સપાટીના ક્ષેત્રફળ પર આધાર રાખે છે. આ ન્યૂટનનો શીતનનો નિયમ છે.

'm' દ્રવ્યમાન અને 's' વિશિષ્ટ ઉષ્મા ધરાવતા પદાર્થનું પ્રારંભિક તાપમાન θ, જે પરિસરના તાપમાન θ_o કરતાં વધુ

છે. આ પદાર્થનો ઉષ્મા ગુમાવવાનો દર $\frac{dQ}{dt}$ છે. જ્યાં dQ એ ગરમ પદાર્થે પરિસરમાં નાના સમયગાળામાં ગુમાવેલ ઉષ્માનો જથ્થો છે.

ન્યૂટનના શીતનના નિયમ અનુસાર, ઉષ્મા ગુમાવવાનો દર

$$\frac{dQ}{dt} = -k(\theta - \theta_o) \qquad \text{(E 14.1)}$$

વળી, $$\frac{dQ}{dt} = ms\frac{d\theta}{dt} \qquad \text{(E 14.2)}$$

(E 14.1) અને (E 14.2)ને સરખાવી તાપમાનના ફેરફારનો દર,

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{k}{ms}(\theta - \theta_o) \qquad \text{(E 14.3)}$$

જ્યાં k સપ્રમાણતાનો અચળાંક અને $k' = \frac{k}{ms}$ એ પણ અચળાંક છે. (જે કેલોરીમીટર વડે પ્રયોગ કરીએ છીએ એ તે કેલોરીમીટરનો જળતુલ્યાંક ms વડે દર્શાવેલ છે. સમીકરણ (E 14.2) અને (E 14.3) માં ઋણ નિશાની ઉષ્મા ગુમાવવાને કારણે થતો તાપમાનનો ઘટાડો સૂચવે છે. સમીકરણ (E 14.3)ને આ રીતે લખી શકાય.

$$d\theta = -k'(\theta - \theta_o)\,dt$$

સંકલન લેતાં,

$$\int\frac{d\theta}{\theta - \theta_o} = -k'\int dt$$

અથવા $ln(\theta - \theta_o) = \log_e(\theta - \theta_o) = -k't + c$

અથવા $ln(\theta - \theta_o) = 2.303\log_{10}(\theta - \theta_o) = -k't + c$ (E 14.4)

જ્યાં c = સંકલનનો અચળાંક

સમી. (E 14.4) $\log_{10}(\theta - \theta_o)$ વિરુદ્ધ tનો આલેખ સુરેખ છે તે દર્શાવે છે.

પદ્ધતિ

1. થર્મોમીટર T_1 અને T_2નું લઘુત્તમ માપ શોધો. બીકરમાં થોડું પાણી લઈ તેનું તાપમાન કોઈ એક થર્મોમીટર વડે માપો. (ઓરડાના તાપમાન θ_o) તેને T_1 કહો.
2. સ્ટોપ વૉચની કાર્ય પ્રણાલી ચેક કરી તેનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
3. બે દીવાલવાળા પાત્રમાં ઓરડાના તાપમાને પાણી ભરો. તે પાણીમાં T_2 થર્મોમીટર દાખલ કરી ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડ સાથે જડો.
4. ઓરડાના તાપમાન θ_o કરતાં વધારે તાપમાને (લગભગ 40 °C) પાણીને ગરમ કરી, કેલૉરીમીટરમાં ટોચ સુધી ભરો.

5. ગરમ પાણી ભરેલા કેલૉરીમીટરને મૂકી, પાત્રને કાણાં પાડેલી ઢાંકણ વડે બંધ કરી થર્મોમીટર T_1 અને ભેળક કેલૉરીમીટરમાં રહે તેમ કાણાંની મદદથી ગોઠવો. (આકૃતિ E 14.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે)
6. જ્યારે બંને થર્મોમીટર T_1 અને T_2 વચ્ચેના અવલોકનોનો તફાવત આશરે 30 °C હોય, ત્યારે બંને દિવાલો વચ્ચે દોરાયેલા પાણીનું પ્રારંભિક તાપમાન થર્મોમીટર T_2 વડે નોંધો. થર્મોમીટર T_1 નું પ્રારંભિક અવલોકન નોંધો.
7. ભેળકની મદદથી પાણીને ધીરે ધીરે અને સતત હલાવો. થર્મોમીટર T_1નું અવલોકન પહેલાં દર અડધી મિનિટે અને પછી આશરે દર એક મિનિટે નોંધો અને અંતમા દર બે મિનિટે નોંધો.
8. એક સાથે સ્ટોપ વૉચ અને થર્મોમીટર T_1 ના અવલોકનો નોંધો. પાણી ધીરે ધીરે અને સતત હલાવતાં, જ્યાં સુધી કેલૉરીમીટરમાં ભરેલ પાણીનું તાપમાન બહાર ઘેરાયેલા પાણીના તાપમાન કરતાં 5 °C ઊંચુંના આવે ત્યાં સુધી ઘેરાયેલા પાણીનું થર્મોમીટર T_2 વડે તાપમાન નોંધો.
9. અવલોકનોની નોંધ કોષ્ટકમાં કરો. દરેક અવલોકન માટે તાપમાનનો વધારો $(\theta - \theta_o)$ અને લઘુગણક કોષ્ટકની મદદથી $\log_{10}(\theta - \theta_o)$ શોધો. આ અવલોકનો કોષ્ટકમાં અનુરૂપ જગ્યાઓ પર નોંધો.
10. x-અક્ષ પર સમય t અને y-અક્ષ પર $\log_{10}(\theta - \theta_o)$ લઈ આલેખ દોરો. આલેખનું અર્થઘટન કરો.

અવલોકનો

બંને સમાન થર્મોમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... °C

સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ = ... S

ઘેરાયેલા પાણીનું પ્રારંભિક તાપમાન θ_1 = ... °C

ઘેરાયેલા પાણીનું અંતિમ તાપમાન θ_2 = ... °C

ઘેરાયેલા પાણીનું સરેરાશ તાપમાન $\theta_o = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$ =......... °C

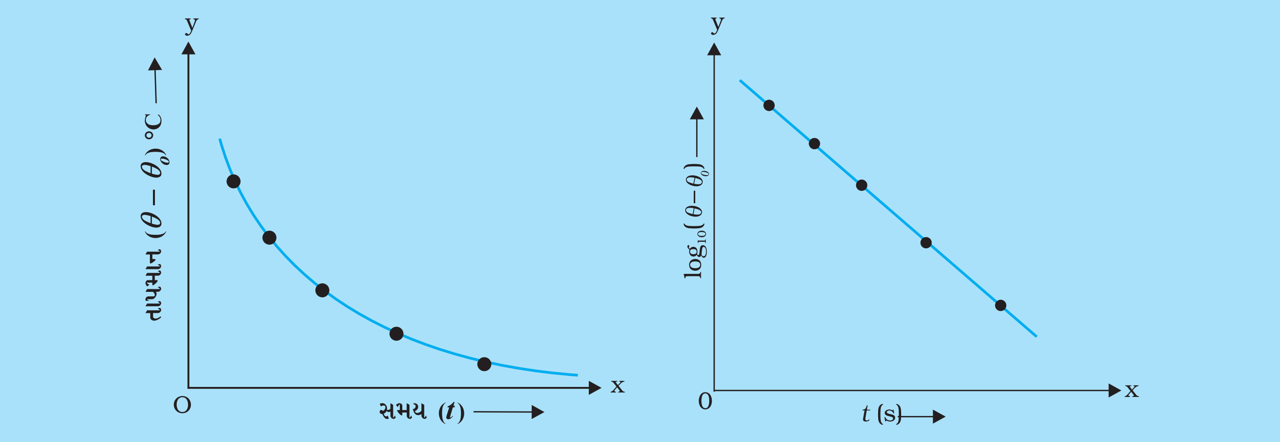
કોષ્ટક E 14.1 : સમય સાથે પાણીના તાપમાનના તફાવતનું માપન

ક્રમ નં.	સમય (t) (s)	ગરમ પાણીનું તાપમાન θ°C	ગરમ પાણીનું વધારાનું તાપમાન $(\theta - \theta_o)$ °C	$\log_{10}(\theta - \theta_o)$
1				
2				
.				
.				
20				

આલેખ

(i) સમય (t)ને x-અક્ષ પર અને ($\theta - \theta_o$)ને y-અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરો, આ આલેખને શીતવક્ર કહે છે. (આકૃતિ E 14.2).

(ii) $\log_{10}(\theta - \theta_o)$ને y-અક્ષ પર અને સમય ($t$)ને x-અક્ષ પર લઈ (આકૃતિ E 14.3) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આલેખ દોરો. શીતવક્ર અને અન્ય વક્રના આકારને ઓળખો.



આકૃતિ E 14.2 : **શીતન માટેનો ($\theta - \theta_o$) અને tનો આલેખ**

આકૃતિ E 14.3 : **$\log_{10}(\theta - \theta_o)$ અને tનો આલેખ**

પરિણામ

શીતનવક્ર એ ચરઘાતાંકીય ક્ષય વક્ર છે. (આકૃતિ E 14.2). જેમ-જેમ પદાર્થ ઠંડો થતો જાય, તેમ વાતાવરણના તાપમાન અને ગરમ પદાર્થના તાપમાનના ફેરફારના લોગેરીધમનો સમય સાથેનો આલેખ સુરેખ રીતે બદલાય છે.

સાવચેતીઓ

1. કેલૉરીમીટરમાં રહેલા પાણીને સતત હળવેકથી હલાવતાં રહેવું જોઈએ.
2. આદર્શ રીતે બે દીવાલની વચ્ચે પાત્રમાં વહેતું પાણી રાખો, જેથી તાપમાન અચળ રહે.
3. કાણાંમાં લગાડેલા થર્મોમીટર હવાચુસ્ત રહે તેનો ખ્યાલ રાખો, જેથી પરિસરમાં તેના લીધે ઉષ્મા ના ગુમાવાય.
4. કેલૉરીમીટરમાં પ્રારંભિક તાપમાન, ઓરડાના તાપમાનથી લગભગ 30 °C વધારે રહે તેનું ધ્યાન રાખો.

ત્રુટિના ઉદ્ગમો

1. સ્ટોપ વૉચને વહેલી કે મોડી ચાલુ કરવાની વ્યક્તિગત ત્રુટિ ના આવે તે માટે સ્ટોપ વૉચને ચાલુ કરવામાં અને બંધ કરવામાં સાવધાની રાખો.

2. પરિણામની ચોકસાઈ મુખ્યત્વે ગરમપાણીના તાપમાન (જે પ્રારંભમાં ઝડપથી અને પછી પ્રમાણમાં ધીમે ઘટે) અને સમયના એક સાથે માપન પર આધારિત છે. આથી, થર્મોમીટરનું અવલોકન અને સ્ટોપ વૉચનું એક સાથે અવલોકન લેવામાં સાવધાની રાખવી.
3. જો થર્મોમીટર હવાચુસ્ત ન હોય તો તેના કારણે અમુક ઉષ્માનો વ્યય થઈ શકે છે.
4. ઘેરાયેલા પાણીનું તાપમાન અચળ રહેતું નથી.

ચર્ચા

દરેક પદાર્થ ઉષ્માનું ઉત્સર્જન અને બીજા પદાર્થો તે ઉત્સર્જિત ઉષ્માનું શોષણ કરે છે. ગરમ પદાર્થ (અહીં કેલૉરીમીટર) ઉત્સર્જન વધારે કરે છે અને શોષણ ઓછું કરે છે. સપાટી દ્વારા થતું ઉત્સર્જન દરેક તાપમાને થાય છે. જેમ પરીસર સાથે તાપમાનનો તફાવત વધુ, તેમ ઉષ્માના ઉત્સર્જનનો દર વધુ. અહીં બંધ પાત્રમાં ઓછું તાપમાન હોવાથી તેનું ઉત્સર્જન ઓછું અને શોષણ (કેલૉરીમીટરમાંથી) વધારે થાય છે. આમ, કેલૉરીમીટર આ પ્રક્રિયામાં મુખ્ય ભાગ ભજવે છે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. ન્યૂટનનો શીતનનો નિયમ લખો અને તેની ગાણિતિક રજૂઆત કરો.
2. શું ન્યૂટનનો શીતનનો નિયમ દરેક તાપમાનના તફાવત માટે સાચો છે ?
3. ન્યૂટનનો શીતનનો નિયમ, સ્ટીફનના ઉષ્મા વિકિરણના નિયમથી કઈ રીતે જુદો છે ?
4. શીતનવક્રનો આકાર કેવો છે ?
5. ન્યૂટનના શીતનના નિયમનું સાધન વાપરી ઘન/પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા શોધો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. તમે દોરેલી રેખાનો ઢાળ અને તેનો y-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ શોધો (આકૃતિ E 14.2). અચળાંક k અને સંકલનના અચળાંક cની કિંમત આલેખ પરથી શોધો.

   [**Hint :** સમીકરણ (E 14.4) એ સુરેખાનું સમીકરણ $y = m'x + c'$, m' એ રેખાનો ઢાળ અને c', y-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ દર્શાવે છે. $m' = \frac{k'}{2.303}$ અને $c' = c' \times 2.303$]
2. કેલૉરીમીટર અને પરિસરમાંનાં બંધ પાત્ર વચ્ચેના તાપમાનના તફાવતને અચળ જાળવીને કેલૉરીમીટરમાં સમાન કદનું પાણી અને ટર્પેન્ટાઈન તેલ વારાફરતી લઈને, શીતનનો પ્રયોગ કરવામાં આવે છે. આ કિસ્સામાં ઉષ્મા ગુમાવવાના દરના ગુણોત્તરો વિશે તમે શું અપેક્ષા રાખો છો ?

પ્રયોગ 15

હેતુ

(i) અચળ તણાવની અસર હેઠળ આપેલા સોનોમીટરના તારની આવૃત્તિ અને લંબાઈ વચ્ચેના સંબંધ નો અભ્યાસ કરવો.

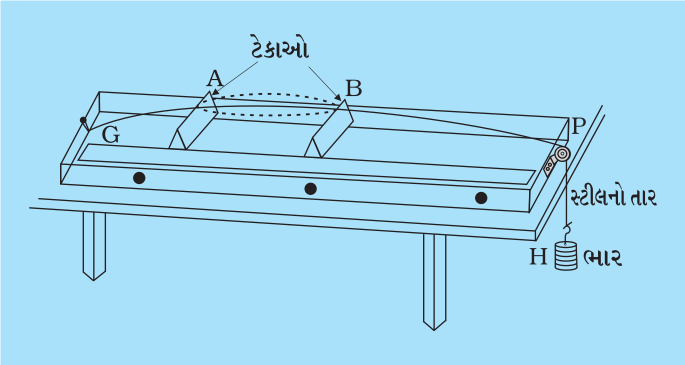
(ii) અચળ આવૃતિએ આપેલા તારની લંબાઈ અને તણાવ વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ સોનોમીટરની મદદથી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

સોનોમીટર, જ્ઞાત આવૃત્તિના છ ચીપિયા, મીટરપટ્ટી, રબરપેડ, પેપર રાઈડર, અડધા કિલોગ્રામનું હેંગર, લાકડાના ટેકાઓ.

સોનોમીટર

તે ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકે તેવું લાંબું પાટિયું અથવા લાકડાનું પોલું બૉક્સ (W) કે જેના એક છેડા ઉપર કડી G અને બીજા છેડે પુલી (ગરગડી) ધરાવે છે. (આકૃતિ E 15.1). ધાતુના તાર (S) નો એક છેડો કડી સાથે લગાવી ગરગડી P પરથી પસાર કરી, તેના મુક્ત છેડે હેંગર H લગાવેલ છે. હેંગરમાં વજનીયાં લટકાવી તારમાં તણાવ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ટેકાઓની મદદથી ધ્રુજતા તાર (દોલન કરતા તાર)ની લંબાઈ નક્કી થાય છે. ટેકા A ને નિશ્ચિત જગ્યાએ રાખી ટેકા B ને ખસેડી દોલિત તારની લંબાઈ નિશ્ચિત કરી શકાય.



આકૃતિ E 15.1 **: સોનોમીટર**

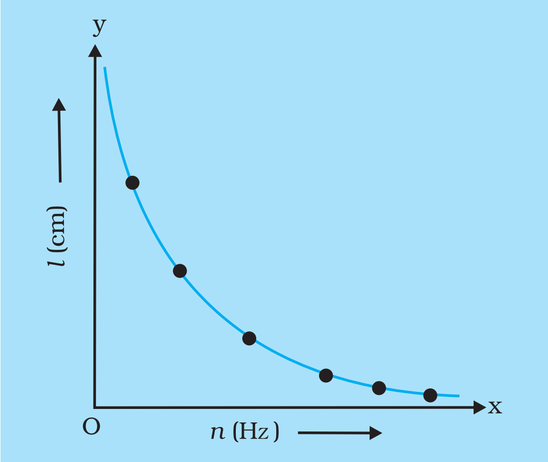
સિદ્ધાંત

દોરીના દોલનની મૂળભૂત આવૃત્તિ

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \qquad \text{(E 15.1)}$$

જ્યાં m = દોરીની એકમ લંબાઈ દીઠ દ્રવ્યમાન

l = બે ટેકાઓ વચ્ચેની દોરીની લંબાઈ.



આકૃતિ E 15.2 : અનુનાદીય લંબાઈ વિરુદ્ધ ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ

T = દોરીમાં તણાવ (હેંગરના વજન સહિત) = Mg

M = હેંગરના વજન સહિત લટકાવેલું વજન

(a) આપેલા દ્રવ્યમાન અને નિશ્ચિત T માટે $n \alpha \frac{1}{l}$ અથવા nl = અચળ

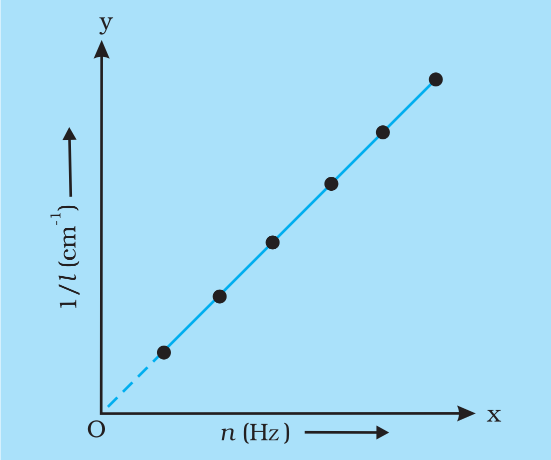
(b) જો આપેલ તાર માટે n અચળ, m અચળ તો $\sqrt{\frac{T}{l}}$ અચળ

એટલે કે $l^2 \alpha T$.

(i) લંબાઈ સાથે આવૃત્તિમાં થતો ફેરફાર

પદ્ધતિ

1. સોનોમીટરને ટેબલ પર ગોઠવી પુલીની ખાંચને બરાબર સાફ કરો જેથી ઘર્ષણ ઓછું થાય. હેંગરમાં યોગ્ય વજન મૂકી તારમાં તણાવ ઉત્પન્ન કરો.
2. n_1 આવૃત્તિવાળા ધ્વનિ ચીપિયાને રબરના પેડ સાથે અથડાવી તેને તમારા એક કાનની નજીક પકડી રાખો. સોનોમીટરના તારને દોલિત કરાવો અને ધ્વનિ ચીપિયા તથા દોલિત તારને લીધે ઉદ્‌ભવતા બંને અવાજોને સરખાવો, બે અવાજો વચ્ચેના તફાવતની નોંધ કરો.
3. જ્યાં સુધી બંને ધ્વનિ સમાન ન જણાય ત્યાં સુધી ટેકા Bને સરકાવતાં જઈ દોલિત તારની લંબાઈ બદલતાં જાવ.
4. અંતિમ ગોઠવણી માટે તાર ABની મધ્યમાં નાનુ પેપર રાઈડર R મૂકો. ધ્વનિ ચીપિયાને દોલિત કરાવો અને તેની દાંડીને ટેકા A પર અથવા સોનોમીટર બોક્સ પર મૂકો. પેપર રાઈડરને ધ્રુજારી અનુભવી પડે નહિ ત્યાં સુધી ટેકા B ને ધીમેધીમે ખસેડો, જે અનુનાદ સૂચવે છે. A અને B વચ્ચેના તારની લંબાઈ એ અનુનાદીય લંબાઈ છે કે જે ધ્વનિ ચીપિયાની મૂળભૂત આવૃત્તિ જેટલી આવૃત્તિથી દોલિત થાય છે. માપપટ્ટીનો ઉપયોગ કરીને આ લંબાઈ માપો.
5. હેંગર પર લટકાવેલ ભાર બદલ્યા સિવાય પાંચ જુદા જુદા ચીપિયા માટે અવલોકન લો. n વિરુદ્ધ lનો આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 15.2).
6. દરેક ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ nની ગણતરી કર્યા બાદ આકૃતિ E 15.3 માં દર્શાવ્યા મુજબ n અને $\frac{1}{l}$ વચ્ચેનો આલેખ દોરો. જ્યાં l એ અનુનાદીય લંબાઈ છે.



આકૃતિ E 15.3 : n સાથે $\frac{1}{l}$ નો ફેરફાર

અવલોકન (A)

તાર પરનું અચળ તણાવ (હેંગરના વજન સહિત લટકાવેલ વજન), T = ... N

કોષ્ટક E 15.1 : આવૃત્તિ સાથે લંબાઈમાં થતો ફેરફાર

ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ n (Hz)	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6
અનુનાદીય લંબાઈ l (cm)						
$\frac{1}{l}$ (cm^{-1})						
$n\,l$ (Hz cm)						

ગણતરી અને આલેખ

દરેક ચીપિયા માટે nl ગણો, અને અનુનાદીય લંબાઈ l માટેનો વ્યસ્ત $\frac{1}{l}$ ગણો. $\frac{1}{l}$ વિરુદ્ધ nનો આલેખ દોરવા માટે દરેક અક્ષ પર શૂન્યથી શરૂ થાય તે રીતે x-અક્ષ પર n અને y-અક્ષ પર $\frac{1}{l}$લો. આલેખ પર મૂકેલા બિંદુઓ વચ્ચેથી પસાર થતી રેખા ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થાય છે તે જુઓ.

પરિણામ

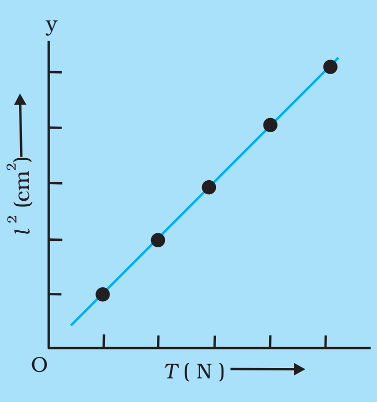
ચકાસી જુઓ કે nl ગુણાકાર અચળ છે અને $\frac{1}{l}$ વિરુદ્ધ nનો આલેખ પણ સુરેખ છે. આમ, આપેલ તણાવ માટે અનુનાદીય લંબાઈ આવૃત્તિના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે.

ચર્ચા

1. લંબાઈ lના માપનમાં ત્રુટિ આવી શકે છે. ટેકાઓની અંતિમ ગોઠવણમાં હંમેશા અનિશ્ચિતતા હોય છે.
2. ગરગડી (પુલી)માં થોડું ઘર્ષણ હાજર હોઈ શકે આથી તણાવબળ એ લગાડેલા વાસ્તવિક તણાવબળથી ઓછું હોઈ શકે.
3. ઘણીવાર તારનો આડછેદ નિયમિત હોતો નથી.

(ii) અચળ આવૃત્તિ માટે અનુનાદીય લંબાઈનો તણાવ સાથેનો ફેરફાર

1. ચોક્કસ આવૃત્તિ (દા.ત. 256 Hz) ધ્વનિ ચીપિયો પસંદ કરો અને હેંગર પર 1 kg વજન લટકાવો. અગાઉ માપી તે રીતે અનુનાદીય લંબાઈ શોધો.



આકૃતિ E 15.4 : $\frac{1}{l}$ **વિરુદ્ધ T નો આલેખ**

2. ધ્વનિ ચીપિયો બદલ્યા સિવાય હેંગર પરનું વજન ક્રમશઃ 0.5 kg વધારતાં જઈ દરેક વખતે અનુનાદીય લંબાઈ માપો. આ પ્રમાણે ઓછામાં ઓછા ચાર વજન માટે પ્રયોગ કરો.
3. તમારા અવલોકન નોંધો.
4. આકૃતિ E 15.4માં દર્શાવ્યા મુજબ l^2 વિરુદ્ધ T નો આલેખ દોરો.

અવલોકનો (B)

ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ = ... Hz

કોષ્ટક E 15.2 : તણાવ સાથે અનુનાદીય લંબાઈનો ફેરફાર

લગાડેલ તણાવબળ T (N) (હેંગરના વજન સહિત)					
તારની અનુનાદીય લંબાઈ l					
l^2 (cm^2)					
T/l^2 (N cm^{-2})					

ગણતરી અને આલેખ

લાગુ પાડેલ દરેક તણાવ માટે T/l^2 ની ગણતરી કરો વૈકલ્પિક રીતે l^2 ને y-અક્ષ પર અને Tને x-અક્ષ પર લઈ l^2 વિરુદ્ધ T નો આલેખ દોરો.

પરિણામ

પ્રાયોગિક ત્રુટિની મર્યાદામાં T/l^2 ની કિંમત અચળ મળે છે. l^2 વિરુદ્ધ T નો આલેખ સુરેખ મળે છે. આ દર્શાવે છે કે $\therefore\ l^2 \propto T$ અથવા $l \propto \sqrt{T}$

આમ, તણાવવાળી દોરીમાં આપેલી આવૃત્તિ માટે અનુનાદીય લંબાઈ એ તણાવના વર્ગમૂળમાં સમપ્રમાણ હોય છે.

સાવચેતીઓ

1. આદર્શ રીતે ગરગડી ઘર્ષણરહિત હોવી જોઈએ. વ્યવહારમાં ગ્રીસ કે ઑઇલનો ઉપયોગ કરી ગરગડીના ઘર્ષણને શક્ય એટલું ઓછું કરી શકાય.
2. આદર્શ રીતે તારમાં ક્યાંય વળ ન હોવો જોઈએ અને તે નિયમિત આડછેદવાળો હોવો જોઈએ. જો વળ હોય તો તારને શક્ય એટલો ખેંચીને તે દૂર કરવો જોઈએ.

3. ટેકાઓ તારને લંબરૂપ હોવા જોઈએ તથા તેની ઊંચાઈ એટલી પૂરતી હોવી જોઈએ કે જેથી તેમના પર નિસ્પંદ બિંદુ રચાય.
4. હળવા રબરપેડ પર ધ્વનિ ચીપિયાને પછાડી તેમાં દોલન ઉત્પન્ન કરવા જોઈએ.
5. પ્રયોગ પૂર્ણ થયા બાદ વજન દૂર કરવું જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. ગરગડી ઘર્ષણરહિત ન હોય.
2. તાર દૃઢ ન હોય કે તેનો આડછેદ નિયમિત ન હોય.
3. ટેકાઓ તીક્ષ્ણ (યોગ્ય) ન હોય.

ચર્ચા

1. લંબાઈના માપનમાં ત્રુટિ આવી શકે. ટેકાઓની અંતિમ ગોઠવણમાં હંમેશા થોડીક અનિશ્ચિતતા થાય છે.
2. ગરગડી (પુલી)માં થોડું ઘર્ષણ હાજર હોઈ શકે આથી તણાવબળ એ લગાડેલા તણાવબળથી ઓછું હોઈ શકે.
3. ઘણીવાર તારનો આડછેદ નિયમિત હોતો નથી.
4. ધ્વનિ ચીપિયાને પકડવામાં અને ગોઠવવામાં કાળજી રાખવી જોઈએ.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. તરંગોના સંપાતીકરણનો સિદ્ધાંત શું છે ?
2. સ્થિત તરંગ એટલે શું ?
3. સ્થિત તરંગો કયા સંજોગોમાં રચાય ?
4. તમારા સોનોમીટરના તારમાં રચાયેલા નિસ્પંદ અને પ્રસ્પંદ બિંદુઓને ઓળખો.
5. બંને છેડે ખેંચાયેલી દોરીમાં ઉદ્‌ભવેલા પ્રથમ ત્રણ હાર્મોનિકનો ગુણોત્તર શોધો.
6. તારનું દ્રવ્ય અને તણાવ અચળ હોય તો તારના વ્યાસ વધવાની સાથે અનુનાદીય લંબાઈ કેવી રીતે બદલાય ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. એક સરખા દ્રવ્યના જુદા-જુદા વ્યાસવાળા ત્રણ તાર લો. દરેક તાર માટે આપેલી આવૃતિ n અને તણાવ T, માટે l માપો.
2. ઉપર 1માં મેળવેલ અવલોકનો માટે m અને $\frac{1}{l^2}$ વચ્ચેનો આલેખ દોરો. mને X-અક્ષ પર લો.
3. સંગીતના સાધનો જેવા કે સિતાર, વાયોલીન અથવા ગિટાર માટે જુદી-જુદી લંબાઈના તાર પર સરખો તણાવ અથવા એક જ લંબાઈના તાર પર જુદા-જુદા તણાવ રાખી, ધ્વનિની આવૃત્તિના ફેરફારનો અભ્યાસ કરો.

પ્રયોગ 16

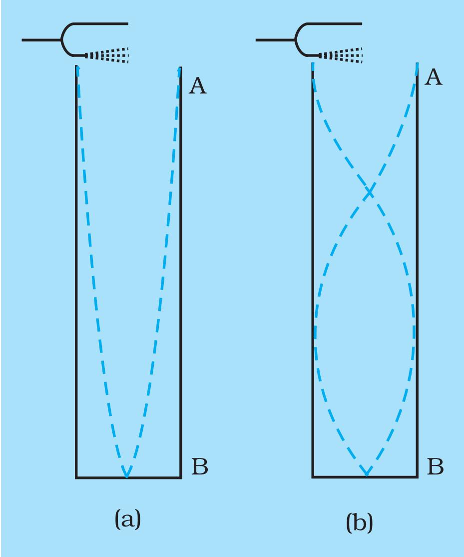
હેતુ

અનુનાદ નળીનો ઉપયોગ કરી ઓરડાના તાપમાને હવામાં ધ્વનિનો વેગ નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

અનુનાદ નળીનું સાધન, જ્ઞાત આવૃત્તિનો ધ્વનિ ચીપિયો (480 Hz અથવા 512 Hz), રબરપેડ, થર્મોમીટર, સ્પિરિટ લેવલ, સેટસ્ક્વેર બીકર, પાણી.

સિદ્ધાંત



આકૃતિ E 16.1 : એક છેડેથી બંધ એવી કાચની નળીમાં (AB) રચાતા સ્થિત તરંગો

જ્યારે જ્ઞાત આવૃત્તિ v વાળા દોલિત ધ્વનિ ચીપિયાને (આકૃતિ E 16.1) કાચની નળીના ઉપરના ભાગમાં હવામાં રાખતા, કાચની નળી ABમાં સ્થિત તરંગો રચાય છે. ચોક્કસ સ્થિતિમાં નળીમાં આગળ વધતાં અને અથડાઈને પરાવર્તિત થતા તરંગોના સંપાતપણાથી અનુનાદ રચાય છે. જેના લીધે ધ્વનિનો કંપવિસ્તાર વધે છે. (ધ્વનિ મોટો સંભળાય છે). અનુનાદ નળી જેવી બંધનળીમાં બંધ છેડે શૂન્ય કંપવિસ્તારવાળું બિંદુ છે (નિસ્પંદ બિંદુ) (આકૃતિ E 16.2). અનુનાદ થવા માટે બંધ છેડે નિસ્પંદ બિંદુ અને ખુલ્લા છેડે પ્રસ્પંદ બિંદુ રચાવું જોઈએ. ધારો કે હવાના સ્તંભની l_1 લંબાઈ માટે પ્રથમ વખત ધ્વનિ મોટો સંભળાય છે (આકૃતિ E 16.2 (a)). એટલે કે હવાના સ્તંભની l_1 લંબાઈને સંલગ્ન પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ, ધ્વનિ ચીપિયાની પ્રાકૃતિક આવૃત્તિના બરાબર હોય. આથી, હવાના સ્તંભમાં મહત્તમ કંપવિસ્તાર મળે છે. વાસ્તવમાં હવાના સ્તંભના દોલનની લંબાઈ, નળી ABમાં જોવા મળતી લંબાઈ કરતા સહેજ વધુ હોય.

આથી, $$\frac{\lambda}{4} = l_1 + e \qquad \text{(E 16.1)}$$

જ્યાં e (= 0.6 r, જ્યાં r = કાચની નળીની ત્રિજ્યા) એ અનુનાદ નળી માટે અંત્યસુધારો છે અને λ એ ચીપિયા દ્વારા ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિના તરંગોની તરંગ લંબાઈ છે.

હવે, બંધ નળી ABને વધુ નીચે લઈ જઈ હવાના સ્તંભના અનુનાદની બીજી સ્થિતિ માટેની

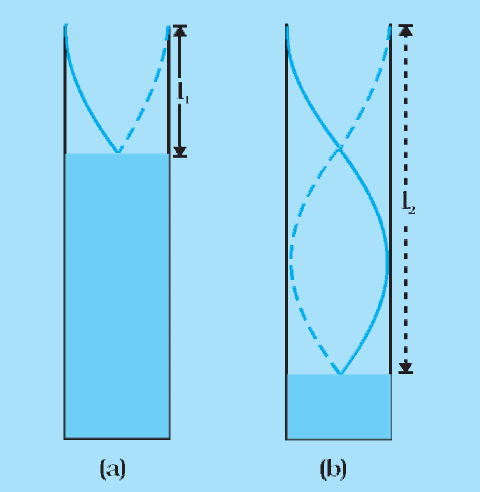
લંબાઈ l_2 નોંધો. આકૃતિ E 16.2 (b) મુજબ l_2 એ તરંગલંબાઈના લગભગ $\frac{3}{4}$ જેટલી હશે.

(E 16.2)
$$\frac{3\lambda}{4} = l_2 + e$$

સમીકરણ (E 16.1) અને (E 16.2) ની બાદબાકી કરતાં

(E 16.3)
$$\lambda = 2\,(l_2 - l_1)$$

આથી ઓરડાના તાપમાને હવામાં ધ્વનિનો વેગ $\upsilon = \nu\lambda$ પ્રમાણે $\upsilon = 2\nu\,(l_2 - l_1)$



આકૃતિ E 16.2 **: અનુનાદનળીમાં દોલનો**

પદ્ધતિ

અનુનાદનળીની ગોઠવણી

લગભગ 1 *m* લાંબી અને 5 cm વ્યાસવાળી કાચની સાંકડી નળી લો, તેને લાકડાના સ્ટેન્ડ પર ખસે નહિ એ રીતે ઊભી ગોઠવો. નળીના નીચેના છેડાને રબરની પાઈપ વડે પાણી ભરેલા પાત્ર સાથે ગોઠવો. ક્લેમ્પની મદદ વડે પાણી ભરેલા પાત્રને ઊભા સળિયા પર ઉપર-નીચે સરકાવી શકાય છે. આપેલા કોકની મદદથી રબર પાઈપમાં પાણીના લેવલને (હવાના સ્તંભની લંબાઈને) નળીમાં યોગ્ય સ્થાને ગોઠવી શકાય છે. ટ્યુબ (નળી) પર મીટરપટ્ટી પણ જડો તથા આખા સાધનને લાકડાના સમક્ષિતિજ આધાર પર ગોઠવો જેને આપેલા સ્ક્રૂની મદદથી લેવલીંગ કરી શકાય. પાણી ભરેલા પાત્ર અને નળી બંનેમાં પાણી રહેશે. જ્યારે પાણી ભરેલા પાત્રને ઉપર લઈ જશો ત્યારે હવાના સ્તંભની લંબાઈ નીચે જશે અને તેને નીચે લઈ જશો ત્યારે હવાના સ્તંભની લંબાઈ ઉપર જશે. હવે :

1. સ્પિરિટ લેવલ વડે અનુનાદ નળીને ઉર્ધ્વ ગોઠવો તથા લાકડાના આધારની તળિયે આપેલા સ્ક્રૂની મદદથી સાધનનું લેવલીંગ કરો.
2. થર્મોમીટર વડે ઓરડાનું તાપમાન નોંધો.
3. ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ ν નોંધો
4. ક્લેમ્પની મદદથી પાણી ભરેલા પાત્રને ઊભા સળિયાના સૌથી ઉચ્ચતમ બિંદુએ ગોઠવો.

પ્રથમ અનુનાદીત સ્થિતિ નિશ્ચિત કરો.

5. નળીના ખુલ્લા છેડા સુધી પાણી પહોંચે ત્યાં સુધી પાણી ભરેલા પાત્રમાં પાણી ભરો.
6. કૉકને બંધ કરી પાણી ભરેલા પાત્રને ઊભા સળિયા પર નીચે લઈ જાઓ.
7. ચીપિયાને ધીમેથી રબરપેડ પર અથડાવી તેને નળીના ખુલ્લા છેડાથી 1 cm જેટલા

અંતરે રાખો. ચીપિયાના બંને પાંખિયા જમીનને સમાંતર રાખો, જેથી તે ઉર્ધ્વતલમાં દોલન કરી શકે, નળીમાં ઉત્પન્ન થતો ધ્વનિ સાંભળો, કદાચ આ સ્થિતિમાં તે ન પણ સંભળાય.

8. કૉકને થોડો ઢીલો કરી પાણીના લેવલને પાઇપમાં ધીરેથી પડવા દો. હવે, જ્યારે ચીપિયાને અનુનાદ નળીના ખુલ્લા છેડે લાવશો ત્યારે ધ્વનિ મોટો સંભળાશે.

9. નળીમાં પાણીના લેવલની ચોક્કસ સ્થિતિ આવે કે જેના માટે ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિની તીવ્રતા મહત્તમ બને ત્યાં સુધી પદ - 7 અને 8 પુનરાવર્તિત કરો. જે પ્રથમ અનુનાદીય સ્થિતિ અથવા મૂળભૂત નિસ્પંદ બિંદુ દર્શાવે છે, આ વખતે હવાના સ્તંભની લંબાઈ લઘુત્તમ હશે. આ સ્થિતિમાં કૉકને બંધ કરો અને પાણીના લેવલની સ્થિતિ અથવા નળીમાં હવાના સ્તંભની લંબાઈ l_1 નોંધો. (આકૃતિ E 16.2). જ્યારે નળીમાં પાણીનું લેવલ ઘટતું હોય ત્યારે પ્રથમ અનુનાદની સ્થિતિ નિશ્ચિત કરે છે.

10. પદ 5થી 9નું પુનરાવર્તન કરી પ્રથમ અનુનાદની સ્થિતિ સંપૂર્ણ નિશ્ચિત કરો.

11. પછી અનુનાદ નળીમાં પાણીનું લેવલ ક્રમશઃ વધારી પ્રથમ અનુનાદની સ્થિતિ શોધો અને ખુલ્લા છેડે દોલિત ચીપિયો સતત પકડી રાખો. નળીને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી સંભળાતા ધ્વનિની તીવ્રતા મહત્તમ હોય.

દ્વિતીય અનુનાદની સ્થિતિ નિશ્ચિત કરવી.

12. ઊભા સ્ટેન્ડ પર પાણી ભરેલા પાત્રને નીચે સરકાવી અનુનાદ નળીમાં પાણીના લેવલની સ્થિતિ નીચી કરો અને કોકને ત્યાં સુધી ખુલ્લો રાખો કે નળીમાં હવાના સ્તંભની લંબાઈ l_1થી લગભગ ત્રણ ગણી થાય.

13. દ્વિતીય અનુનાદની સ્થિતિ શોધો અને ν_1 આવૃત્તિવાળા જ ધ્વનિ ચીપિયા માટે નળીમાં હવાના સ્તંભની લંબાઈ l_2 નક્કી કરો અને ચાર અવલોકનો લઈ લંબાઈ l_2 નિશ્ચિત કરો, જેમાંના, બે નળીમાં પાણીનું સ્તર ઘટતું હોય તે માટે અને બાકીના બે જ્યારે નળીમાં પણીનું સ્તર વધતું હોય તે માટે લો.

14. બીજી આવૃત્તિ ν_2 ધરાવતા ચીપિયા માટે પદ 5થી 13નું પુનરાવર્તન અને પ્રથમ અને દ્વિતીય અનુનાદ સ્થિતિ નક્કી કરો.

15. દરેક કિસ્સામાં ધ્વનિનો વેગ શોધો.

અવલોકનો

1. ઓરડાનું તાપમાન θ = ... °C
2. પ્રથમ ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ ν_1 = ... Hz
3. દ્વિતીય ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ ν_2 = ... Hz

કોષ્ટક E 16.1 : અનુનાદીત હવાના સ્તંભની લંબાઈ નિશ્ચિત કરવી

ઉપયોગમા લીધેલ ધ્વનિચીપિયાની આવૃત્તિ	ક્રમ નં.	પ્રથમ અનુનાદની સ્થિતિ માટેની નળીની લંબાઈ l_1			દ્વિતીય અનુનાદની સ્થિતિ માટેની નળીની લંબાઈ l_2		
		ઘટતા પાણીના લેવલ માટે	વધતા પાણીના લેવલ માટે	સરેરાશ લંબાઈ l_1 cm	ઘટતા પાણીના લેવલ માટે	વધતા પાણીના લેવલ માટે	સરેરાશ લંબાઈ l_2 cm
v_1 = ... Hz	1						
	2						
v_2 = ... Hz	1						
	2						

ગણતરીઓ

(i) પ્રથમ ધ્વનિ ચીપિયા માટે આવૃત્તિ v_1 = ... Hz

હવામાં ધ્વનિનો વેગ $\upsilon_1 = 2\, v_1\, (l_2 - l_1)$ = ... ms^{-1}

(ii) દ્વિતીય ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ v_2 = ... Hz

હવામાં ધ્વનિનો વેગ $\upsilon_2 = 2\, v_2\, (l_2 - l_1)$ = ... ms^{-1}

હવામાં ધ્વનિના વેગ υ ની સરેરાશ મેળવો.

પરિણામ

ઓરડાના તાપમાને હવામાં ધ્વનિનો વેગ

$$\frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2} = \ldots \; ms^{-1}$$

સાવધાનીઓ

1. અનુનાદ નળીને લેવલીંગ સ્ક્રૂની મદદથી ઊભી ગોઠવો.
2. પ્રયોગ શાંત વાતાવરણમાં કરવો જોઈએ જેથી અનુનાદની સ્થિતિ બરાબર નોંધી શકાય.
3. ધ્વનિ ચીપિયાને રબરના પેડ પર હળવેકથી પછાડો.
4. અનુનાદ નળીમાં પાણીના લેવલને ઉપર-નીચે ધીરેથી કરવું જોઈએ.
5. ધ્વનિ ચીપિયાની આવૃત્તિ એવી પસંદ કરો કે જેના માટે અનુનાદ નળીમાં હવાના સ્તંભની બે અનુનાદીય સ્થિતિ મેળવી શકાય.
6. દોલિત ધ્વનિ ચીપિયાની અનુનાદ નળીના ઉપરના છેડાથી 1 cm દૂર રાખો. તે કોઈ તબક્કે અનુનાદ નળીની દીવાલને સ્પર્શે નહિ તેનું ધ્યાન રાખો.

7. દોલિત ધ્વનિ ચીપિયાના પાંખિયાઓ જમીનને સમાંતર અને એકબીજાની ઉપર રહે તેમ એવી રીતે રાખવા જોઈએ કે જેથી નળીની હવામાં પહોંચતા દોલનો ઉર્ધ્વતલમાં રહે.
8. પ્રયોગ દરમિયાન ઓરડાનું તાપમાન બે-ત્રણ વખત માપવું જોઈએ અને તેનું સરેરાશ લેવું જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. જો નળીમાં રહેલ હવા સંપૂર્ણ સૂકી ન હોય અને તેમાં પાણીની બાષ્પ હાજર હોય તો હવાના સ્તંભના ધ્વનિના વેગનું મૂલ્ય હોય તેના કરતાં વધારે મળે છે.
2. અનુનાદ નળીનો આડછેદ નિયમિત હોવો જોઈએ.
3. ઓરડામાં કોઈ પવન ફૂંકાવો જોઈએ નહિ.

ચર્ચા

1. બીજા અનુનાદની સ્થિતિમાં ધ્વનિની પ્રબળતા પ્રથમ અનુનાદની સ્થિતિમાં ધ્વનિની પ્રબળતા કરતાં ઓછી હોય. આ પ્રયોગમાં આપણે અંત્ય સુધારા માટે બે અનુનાદીય સ્થિતિનો ઉપયોગ કર્યો છે. માત્ર પ્રથમ અનુનાદ શોધી અને અનુનાદીય લંબાઈ માટે અંત્ય સુધારો $e = 0.6\,r$ લાગુ પાડીને પ્રયોગ કરી શકાય.
2. આપેલા ધ્વનિ ચીપિયા માટે બીજા અનુનાદમાં હવાના સ્તંભની લંબાઈમાં થતો ફેરફાર આવૃત્તિ, તરંગલંબાઈ અથવા ધ્વનિનો વેગ બદલી શકાતો નથી. આમ, દ્વિતીય અનુનાદ એ પ્રથમ અનુનાદનો ઑવરટોન નથી.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. ધ્વનિનો વેગ તાપમાન પર આધારિત છે ? જો હા હોય તો સંબંધ જણાવો.
2. જો અનુનાદ નળી ઊભી ગોઠવેલી ન હોય તો શું થાય ?
3. આ પ્રયોગમાં અનુનાદ માટે જવાબદાર ઘટનાના નામ જણાવો.
4. રોજ-બરોજના જીવનમાં જોવા મળતા ધ્વનિના અનુનાદના બે ઉદાહરણ આપો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. અનુનાદ નળીમાં અંત્ય સુધારો ગણો
2. જુદા જુદા વ્યાસવાળી અનુનાદ નળીના અંત્ય સુધારાઓની સરખામણી કરો અને નળીના વ્યાસ અને અંત્ય સુધારા વચ્ચેનો સંબંધનો અભ્યાસ કરો.
3. આવો જ પ્રયોગ ખુલ્લી નળી માટે કરો.

પ્રયોગ 17

હેતુ

મિશ્રણની પદ્ધતિથી આપેલા (i) ઘન અને (ii) પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા-ક્ષમતા નક્કી કરવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ઢાંકણ સાથેનું કૉપર કેલૉરીમીટર, ભેળક અને અવાહક આવરણ. (ઢાંકણમાંથી ભેળક અને થર્મોમીટર ભરાવી શકાય તેવી વ્યવસ્થા હોવી જોઈએ), બે થર્મોમીટર (0 °C થી 100 °C અથવા 110 °C સુધીના કે જેનું લઘુત્તમ માપ 0.5 °C હોય), આપેલા પ્રવાહી કે પાણીમાં દ્રાવ્ય ન હોય તેવો ધાતુ પદાર્થનો (બ્રાસ/કૉપર/સ્ટીલ/ઍલ્યુમિનિયમ) ઘન નળાકાર, પ્રવાહી, બે બીકર (100 mL અને 250 mL), ઉષ્મા પ્રાપ્તિસ્થાન (હીટર/ગરમ પ્લેટ/ગૅસ બર્નર), ભૌતિકતુલા, વજનપેટી (અપૂર્ણાંક વજન સહિત), સ્પ્રિંગ તુલા, મજબૂત અતન્ય દોરાનો ટુકડો (25-30 cm લાંબો), પાણી, સ્ટેન્ડ, ત્રિપગુ સ્ટેન્ડ અને ગૅઝવાયર.

સિદ્ધાંત થીયરી

'm' દ્રવ્યમાન અને s વિશિષ્ટ ઉષ્મા ધરાવતા પદાર્થના તાપમાનમાં Δt જેટલો વધારો કે ઘટાડો થાય ત્યારે મેળવેલી કે ગુમાવેલી ઉષ્માનો જથ્થો,

$$\Delta Q = ms\,\Delta t \qquad \text{(E 17.1)}$$

વિશિષ્ટ ઉષ્મા ક્ષમતા : તે એકમ દ્રવ્યમાન ધરાવતા પદાર્થના તાપમાનમાં 1 °C નો વધારો કરવા માટેની જરૂરી ઉષ્મા છે. જેનો SI એકમ $\text{Jkg}^{-1}\,\text{K}^{-1}$ છે.

કેલૉરીમીટરનો સિદ્ધાંત :

બે જુદા જુદા તાપમાન ધરાવતા બે પદાર્થોને એકબજાના સંપર્કમાં લાવવામાં આવે ત્યારે, તેઓ પરિસરમાં ઉષ્મા ગુમાવતા નથી. તેમ ધારતાં, ઉષ્મીય સંતુલનમાં ઊંચા તાપમાનવાળા પદાર્થો ગુમાવેલી ઉષ્મા નીચા તાપમાનવાળા પદાર્થે મેળવેલી ઉષ્મા જેટલી હોય છે.

(a) મિશ્રણની પદ્ધતિથી આપેલા ઘન પદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્મા ક્ષમતા

પદ્ધતિ

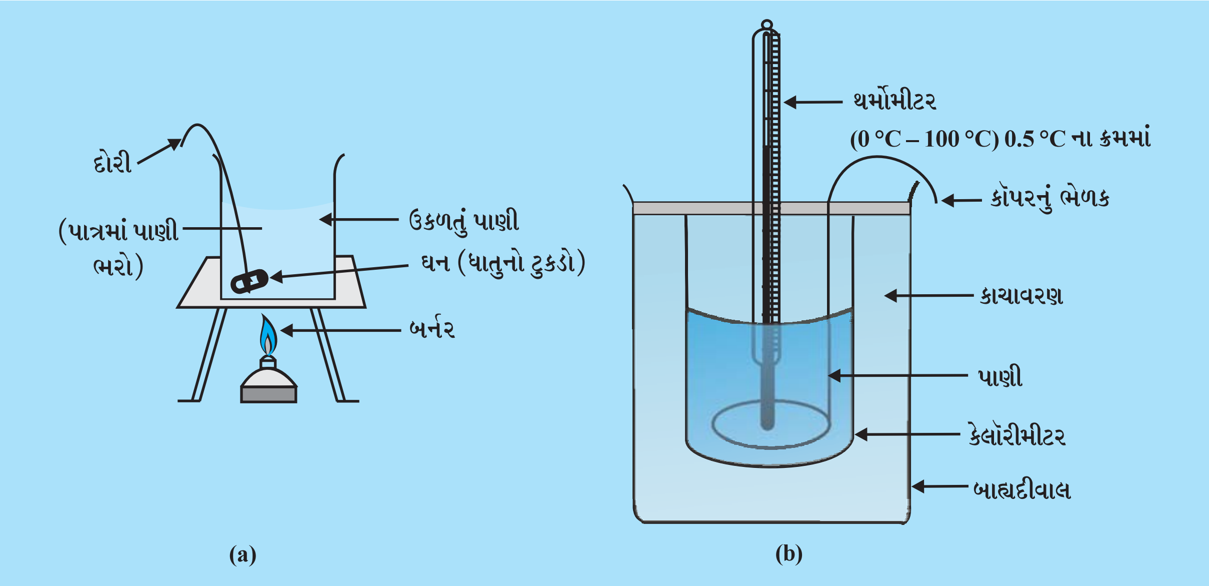
1. ભૌતિકતુલા ગોઠવો અને તેમાં શૂન્યત્રુટિ છે તેની ખાત્રી કરો.
2. ભૌતિકતુલા/સ્પ્રિંગતુલા વડે ઢાંકણ અને ભેળક સહિત ખાલી કેલૉરીમીટરનું વજન કરો.

કેલૉરીમીટર સ્વચ્છ અને સૂકું છે તેની ખાત્રી કરો. કેલૉરીમીટરનું દ્રવ્યમાન m_1 નોંધો. કેલૉરીમીટરમાં આપેલ પાણી ભરો. આપેલ ઘન પદાર્થ તેમાં સંપૂર્ણ ડૂબે તેટલા જથ્થાનું પાણી છે તેની ખાત્રી કરો. ભેળક અને ઢાંકણ સહિત પાણી ભરેલા કેલૉરીમીટરનું વજન m_2 નોધો. કેલૉરીમીટરને તેના અવાહક આવરણમાં મૂકો.

3. ઘન પદાર્થને પાણીમાં ડૂબાડો અને બહાર કાઢો. હવે તેને હલાવી તેની સપાટી પર ચોંટેલું પાણી દૂર કરો. આવા ભીના ઘન પદાર્થનું ભૌતિકતુલાની મદદથી દ્રવ્યમાન m_3નોંધો.

4. ઘન પદાર્થને મધ્યમાં દોરી વડે બરાબર કસીને બાંધો. દોરી સરક્યા સિવાય તેને ઊંચકીને પકડી શકાય તેની ખાત્રી કરો.

   250 mLના બીકરને ત્રિપગા સ્ટેન્ડ પર ગેઝ વાયર પર આકૃતિ E 17.1 (a)માં બતાવ્યા મુજબ મૂકો. બીકરને અડધે સુધી પાણી વડે ભરો. હવે દોરીના બીજા છેડાને પ્રયોગશાળા સ્ટેન્ડ સાથે દોરી બાંધીને ઘનપદાર્થને પાણી ભરેલા બીકરમાં લટકાવો. ઘનપદાર્થ પાણીમાં સંપૂર્ણપણે ડૂબે (ઓછામાં ઓછું સપાટીથી 0.5 cm ઊંડે) તેનું ધ્યાન રાખો. હવે, લટકાવેલ ઘન પદાર્થ સહિતના પાણીને ગરમ કરો (આકૃતિ E 17.1 (a)).



આકૃતિ E 15.1 **: આપેલા ઘન પદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્મા નક્કી કરવાના પ્રયોગની પ્રાયોગિક ગોઠવણી**

5. થર્મોમીટરનું લઘુત્તમ માપ નોંધો. કેલૉરીમીટરમાં રહેલા પાણીનું તાપમાન t_1 નોંધો.

6. બીકરમાં પાણી લઈ 5-10 મિનિટ માટે ઉકાળો હવે બીજા થર્મોમીટર વડે તેનું તાપમાન t_2 નોંધો. દોરી બાંધેલા, પકડી રાખેલા ઘનપદાર્થને ઉકળતા પાણીમાંથી

બહાર કાઢો. બરાબર હલાવી, તેની સપાટી પર ચોંટેલા પાણીને દૂર કરો અને તરત જ તેને કેલૉરીમીટરમાં રહેલા પાણીમાં મૂકી તરત જ ઢાંકણ ગોઠવી દો (આકૃતિ E 17.1 (b)). ભેળક વડે પાણીને હલાવતા રહો. ઉષ્મીય સંતુલન પ્રાપ્ત થયા પછી પાણીનું તાપમાન t_3 માપો જે મિશ્રણનું અચળ તાપમાન ગણાશે.

અવલોકન

ભેળક સહિત ખાલી કેલૉરીમીટરનું દ્રવ્યમાન (m_1) = ... g

પાણી સહિત કેલૉરીમીટરનું દ્રવ્યમાન (m_2) = ... g

ઘન પદાર્થનું દ્રવ્યમાન (m_3) = ... g

પાણીનું પ્રારંભિક તાપમાન (t_1) = ... °C = ... K

ઘન પદાર્થનું ઉકળતા પાણીમાં તાપમાન (t_2) = ... °C = ... K

મિશ્રણનું તાપમાન (t_3) = ... °C = ... K

કેલૉરીમીટરના દ્રવ્યની વિશિષ્ટ ઉષ્માક્ષમતા s_1 = ... Jkg^{-1} °C^{-1} (Jkg^{-1} K^{-1})

પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા ક્ષમતા (s) = ... Jkg^{-1} K^{-1}

ગણતરી

1. કેલૉરીમીટરમાં રહેલા પાણીનું દ્રવ્યમાન ($m_2 - m_1$) = ...g = ... kg
2. કેલૉરીમીટર અને પાણીના તાપમાનનો તફાવત ($t_3 - t_1$) = ...°C
3. ઘન પદાર્થના તાપમાનનો તફાવત ($t_2 - t_3$) = ...°C

   t_2 થી t_3 ઠંડુ પડવા માટે ઘન પદાર્થે ગુમાવેલી ઉષ્મા.

   = પાણી એ તેનું તાપમાન t_1 થી t_3 થવા માટે મેળવેલી ઉષ્મા + કેલૉરીમીટરનું તાપમાન t_1 થી t_3 થવામાં તેને મેળવેલી ઉષ્મા.

   $$m_3 s_o (t_2 - t_3) = (m_2 - m_1)\, s\, (t_2 - t_1) + m_1 s_1 (t_3 - t_1)$$

   $$s_o = \frac{(m_2 - m_1)s(t_2 - t_1) + m_1 s_1 (t_3 - t_1)}{m_3 (t_2 - t_3)} = \text{... J kg}^{-1}\,°\text{C}^{-1}$$

(b) મિશ્રણની પદ્ધતિથી આપેલા પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઉષ્માક્ષમતા.

પદ્ધતિ

1. ભૌતિક તુલા ગોઠવો અને તેમાં શૂન્યત્રુટિ છે તેની ખાત્રી કરો.
2. ભોતિકતુલા/સ્પ્રિંગતુલા વડે ઢાંકણ અને ભેળક સહિતના ખાલી કેલૉરીમીટરનું વજન

કરો, કેલૉરીમીટર સ્વચ્છ અને સૂકું છે તેની ખાત્રી કરો. કેલૉરીમીટરનું દ્રવ્યમાન m_1 નોંધો. કેલૉરીમીટરમાં આપેલ પ્રવાહી ભરો. આપેલ ઘન પદાર્થ તેમાં સંપૂર્ણ ડુબે તેટલા જથ્થાનું પ્રવાહી છે તેની ખાત્રી કરો. ભેળક અને ઢાંકણ સહિત પ્રવાહી ભરેલા કેલૉરીમીટરનું વજન m_2 નોંધો. કેલૉરીમીટરને તેના અવાહક આવરણમાં મૂકો.

3. એક જ્ઞાત વિશિષ્ટ ઉષ્માક્ષમતાવાળા ધાતુના નળાકારને પાત્ર લો. તેને પ્રવાહીમાં ડુબાડો અને તેને બહાર કાઢી હલાવી તેની સપાટી પર ચોંટેલા પ્રવાહીને દૂર કરો. ભીના આ ઘન પદાર્થનું દ્રવ્યમાન m_3 ભૌતિક તુલાની મદદથી નોંધો.
4. ઘન પદાર્થને મધ્યમાં દોરી વડે કસીને બાંધો. દોરી સરક્યા સિવાય તેને ઊંચકીને પકડી શકાય તેની ખાત્રી કરો.

   250 mLના બીકરને ત્રિપગા સ્ટેન્ડ પર મૂકેલા ગેઝ તાર પર (આકૃતિ E 17.1 (a)માં દર્શાવ્યા મુજબ) મૂકો. બીકરમાં અડધે સુધી પ્રવાહી ભરો. હવે દોરીના બીજા છેડાને પ્રયોગશાળા સ્ટેન્ડ સાથે દોરી બાંધીને દોરી બાંધેલા ઘન પદાર્થને, પ્રવાહી ભરેલા બીકરમાં લટકાવો. જેથી ઘન પદાર્થ પ્રવાહીમાં સપાટીથી ઓછામાં ઓછું 0.5 cm નીચે રહે અને સંપૂર્ણ ડુબે. હવે, ઘન પદાર્થ ડુબાડેલા પ્રવાહીને ઉષ્મા આપો. (આકૃતિ E 17.1 (a)).
5. થર્મોમીટરનું લઘુત્તમ માપ શોધો. કેલૉરીમીટરમાં રહેલા પ્રવાહીનું તાપમાન t_1 નોંધો.
6. બીકરમાં પ્રવાહી લઈ 5-10 મિનિટ માટે ઉકાળો હવે બીજા થર્મોમીટર વડે તેનું તાપમાન t_2 નોંધો. દોરી બાંધેલા, પકડી રાખેલા ઘન પદાર્થને ઉકળતા પ્રવાહીમાંથી બહાર કાઢો. બરાબર હલાવી, તેની સપાટી પર ચોંટેલા પ્રવાહીને દૂર કરો અને તરત જ તેને કેલૉરીમીટરમાં રહેલા પ્રવાહીમાં તરત જ ઢાંકણ ગોઠવી દો. ભેળક વડે પ્રવાહીને સતત હલાવતા રહો. ઉષ્મીય સંતુલન પ્રાપ્ત થયા પછી પ્રવાહીનું તાપમાન t_3 માપો જે મિશ્રણનું અચળ તાપમાન ગણાશે (આકૃતિ E 17.1 (b) મુજબ).

અવલોકન

ભેળક સહિત ખાલી કેલૉરીમીટરનું દ્રવ્યમાન (m_1)	= .... g
પાણી સાથે કેલૉરીમીટરનું દ્રવ્યમાન (m_2)	= .... g
ઘન પદાર્થનું દ્રવ્યમાન (m_3)	= .... g
પ્રવાહીનું પ્રારંભિક તાપમાન (t_2)	= .... °C = ... K
ઉકળતા પ્રવાહીમાં ઘનપદાર્થનું તાપમાન (t_2)	= .... °C = ... K
મિશ્રણનું તાપમાન (t_3)	= .... °C = ... K
કેલૉરીમીટરના દ્રવ્યની વિશિષ્ટ ઉષ્માક્ષમતા s_1	= .... Jkg^{-1} $°C^{-1}$ (Jkg^{-1} K^{-1})
ઘન પદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્મા ક્ષમતા (s_o)	= .... Jkg^{-1} K^{-1}

ગણતરી

1. કેલૅરીમીટરમાં પ્રવાહીનું દ્રવ્યમાન $(m_2 - m_1)$ = ...g = ... kg
2. પ્રવાહી અને કેલૉરીમીટરના તાપમાનનો તફાવત $(t_3 - t_1)$ = ...°C
3. ઘન પદાર્થના તાપમાનનો તફાવત $(t_2 - t_3)$ = ...°C

   ઘન પદાર્થે t_2 થી t_3 ઠંડુ પડવા ગુમાવેલી ઉષ્મા.

   = પ્રવાહીએ t_1 થી t_3 તાપમાન માટે મેળવેલી ઉષ્મા + કેલૉરીમીટર વડે t_1 થી t_3 તાપમાન કરવા મેળવેલી ઉષ્મા.

   $$m_3 s_o (t_2 - t_3) = (m_2 - m_1)\ s\ (t_2 - t_1) + m_1 s_1 (t_3 - t_1)$$

   $$s = \frac{m_3 s_o (t_2 - t_3) - m_1 s_1 (t_3 - t_1)}{(m_2 - m_1)(t_2 - t_1)} = \ldots \text{ J kg}^{-1}\ {}^\circ\text{C}^{-1}$$

પરિણામ

(a) આપેલા ઘન પદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્મા = ... Jkg^{-1} K^{-1} (પ્રાયોગિક ત્રુટિ સહિત)

(b) આપેલા પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા = ... Jkg^{-1} K^{-1} (પ્રાયોગિક ત્રુટિ સહિત)

સાવચેતી

1. ભૌતિકતુલા શૂન્ય ત્રુટિવાળી અને બરાબર કાર્યરત હોવી જોઈએ.
2. એક સરખી અવધિ અને લઘુત્તમ માપ વાળા થર્મોમીટર હોવા જોઈએ.
3. ઘન પદાર્થ આપેલા પ્રવાહી કે પાણી સાથે રાસાયણિક પ્રક્રિયા કરતો ન હોવો જોઈએ.
4. કેલૉરીમીટરને ઉષ્માના સ્રોતથી પૂરતા અંતરે અને તેના પર સૂર્યપ્રકાશ ન પડે તે રીતે હંમેશાં અવાહક આવરણમાં રાખવું જોઈએ કે જેથી તે પરિસરમાંથી ઉષ્માનું શોષણ ન કરે.
5. ઘન પદાર્થને પાત્રમાંથી કેલૉરીમીટરમાં તરત જ પ્રવાહીમાં મૂકવો જોઈએ, જેથી તેનું તાપમાન બદલાય નહિ.
6. કેલૉરીમીટરમાં ઘન પદાર્થને દોરી વડે ઝડપી પણ હળવેકથી મૂકવો જોઈએ, જેથી તેમાં રહેલ પ્રવાહી છલકાય નહિ. ઘન પદાર્થને તેની સાથે બાંધેલી દોરી વડે સહજતાથી પ્રવાહીમાં મૂકવો સલાહ ભરેલું છે.
7. તાપમાન માપતી વખતે થર્મોમીટર હંમેશા ઊભી સ્થિતિમાં હોવા જોઈએ અને દૃષ્ટિ પારાના લેવલને બરાબર લંબ હોવી જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. વિકિરણના ઉત્સર્જનથી ગુમાવતી ઉષ્મા સંપૂર્ણપણે ટાળી શકાતી નથી.
2. ગરમ ઘન પદાર્થને પાત્રમાંથી કૅલોરીમીટરમાં લઈ જતા ટૂંકા સમયગાળામાં ગુમાવેલી થોડીક ઉષ્મા ગણતરીમાં લીધેલ નથી.
3. થર્મોમીટરમાં રહેલ પારાની વિશિષ્ટ ઉષ્મા ઓછી છે, તે થોડી ઉષ્માનું શોષણ કરે છે.
4. દ્રવ્યમાન અને તાપમાનના માપનમાં પણ થોડીક ત્રુટિ આવી શકે છે.

ચર્ચા

1. આપેલ ઘન પદાર્થને ઊકળતા પાણીમાંથી કૅલોરીમીટરમાં રહેલા પ્રવાહીમાં લઈ જવામાં લાગતા સમય દરમિયાન તથા ઢાંકણ બદલવામાં ઉષ્માનો વ્યય થઈ શકે છે.
2. કૅલોરીમીટરનું અવાહક આવરણ, સંપૂર્ણ અવાહક ન પણ હોઈ શકે.
3. કૅલોરીમીટર (ખાલી અને પાણી સહિત)ના દ્રવ્યમાન તથા ઘન પદાર્થના દ્રવ્યમાનના માપનની ત્રુટિના કારણે પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઉષ્માક્ષમતાની ગણતરી પર અસર થાય છે.
4. પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઉષ્માક્ષમતાની ગણતરી પર તાપમાનના માપનની ત્રુટિની પણ અસર થાય છે.
5. ધાતુના ટુકડાને ભલે ઊકળતા પાણીમાં મૂક્યો હોય, તે ઊકળતા પાણીના જેટલું જ તાપમાન ન પણ ધરાવી શકે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. જળતુલ્યાંક શું છે ?
2. સામાન્ય રીતે આપણે શા માટે કૉપરના બનેલા કૅલૉરીમીટરનો ઉપયોગ કરીએ છીએ.
3. મિશ્રણનું તાપમાન નોંધતા પહેલા તેને શા માટે હલાવવું જરૂરી છે.
4. શું વિશિષ્ટ ઉષ્મા અચળ રાશિ છે ?
5. ઊષ્મીય સંતુલન શું છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ :

જો ઘન અને પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઉષ્માક્ષમતા જાણતા હોઈએ તો, આપણે કૅલૉરીમીટરનો સિદ્ધાંત ચકાસી શકીએ.

પ્રવૃત્તિઓ
ACTIVITIES

પ્રવૃત્તિ 1

હેતુ

(a) 0.2 cm અને (b) 0.5 cm લઘુત્તમ માપવાળો પેપરનો માપક્રમ(Scale) બનાવવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

જાડી આઇવરી/ડ્રોઇંગશીટ, વ્હાઇટ પેપરશીટ, પેન્સિલ, શાર્પનર, રબર, માપપટ્ટી, કાળી શાહીવાળી પેન અથવા જેલપેન.

સિદ્ધાંત

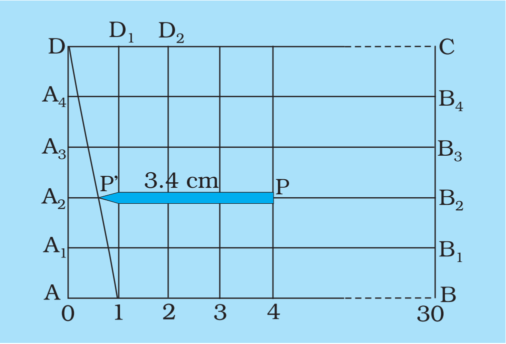
આપેલા સાધન વડે ચોકસાઇપૂર્વક માપી શકાતું લઘુત્તમ માપ એટલે સાધનની લઘુત્તમ માપશક્તિ (લઘુત્તમ માપ). સામાન્ય રીતે મીટરપટ્ટી પર 1 mm (અથવા 0.1 cm) ના તફાવતના કાપા પાડેલા હોય છે. તેથી તમે આ મીટરપટ્ટી વડે 1 mm (અથવા 0.1 cm) કરતાં વધારે ચોક્કસાઈ વાળું માપન કરી શકતા નથી.

તમે mm ના નિશાનનો ઉપયોગ કર્યા સિવાય 1 cm લંબાઈને નાના વિભાગોમાં વિભાજિત કરી (a) 0.2 cm (b) 0.5 cm લઘુત્તમ માપ વાળી પેપરસ્કેલ સાદી પદ્ધતિથી બનાવી શકો.

પદ્ધતિ

(a) 0.2 cm લઘુત્તમ માપ વાળી પેપરસ્કેલ બનાવવી

1. સફેદ કાગળની એક શીટ તેની લંબાઈની મધ્યમાંથી વાળો.
2. કાગળની શીટના અડધા ભાગ પર અણીદાર પેન્સિલ વડે 30 cm લંબાઈની AB લાઈન દોરો. [(આકૃતિ A 1.1 (a)].
3. ડાબી બાજુના છેડાથી શરૂ કરી શૂન્યને A વડે દર્શાવી દરેક 1 cm પર 0, 1, 2, ... 30 સુધી AB લાઈન પર નાના ટપકાંના નિશાન કરો.
4. આ દરેક ટપકાં પરથી AB રેખાને લંબ 5 cm લંબાઈની પાતળી, તીક્ષ્ણ, સુરેખ રેખાઓ દોરો.
5. AB રેખાને સમાંતર 1.0 cm, 2.0 cm, 3.0 cm, 4.0 cm, 5.0 cm અંતરે પાંચ પાતળી રેખાઓ દોરો. 5.0 cm પર રહેલ રેખાને DC નામ આપો. જ્યારે 1 cm, 2 cm, 3 cm અને 4 cm પર રહેલ રેખાને અનુક્રમે A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3 અને A_4B_4 નામ આપો [(આકૃતિ 1.1 (a)].

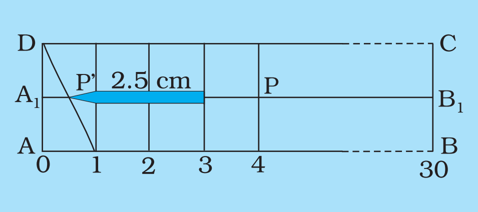


આકૃતિ A 1.1 (a) : 0.2 cm લ.મા.શ.ની પેપરસ્કેલ બનાવવી

6. બિંદુ 'D' ને AB રેખા પર 1 cm અંતરે રહેલ ટપકાં સાથે જોડો. આ રેખા AB ને સમાંતર રેખાઓને A_4, A_3, A_2 અને A_1 થી અનુક્રમે 0.2 cm, 0.4 cm, 0.6 cm અને 0.8 cm લંબાઈએ છેદે છે.
7. આ ગોઠવણીનો ઉપયોગ કરી પેન્સિલ અથવા સિલાઈ કામની સોયની લંબાઈ 0.2 cm ના લઘુત્તમ માપ સાથે માપો.

(b) 0.5 cm લઘુત્તમ માપની પેપરસ્કેલ બનાવવી.

1. તીક્ષ્ણ પેન્સિલ વડે 30 cm લંબાઈની રેખા AB, સફેદ કાગળની બાકીની અડધી શીટ પર દોરો.
2. આગળની પ્રવૃત્તિ 1.1 (a) ના 3થી 6 પદનું પુનરાવર્તન કરો. પણ હવે AB રેખાને સમાંતર 1 cm અને 2 cm પર માત્ર બે જ રેખાઓ દોરો.
3. વિકર્ણ 1 - D ને પાતળો પોઈન્ટ ધરાવતી બ્લેક પેન વડે જોડો. [આકૃતિ A 1.1 (b)].
4. આ માપક્રમના ઉપયોગથી પેન્સિલ/સિલાઈ કામની સોયની લંબાઈ 0.5 cmના લઘુત્તમ માપ સાથે માપી શકાય છે. $A_1 B_1$ રેખા પર 0.5 cm લંબાઈના ભાગને માપી શકાય છે.



આકૃતિ A 1.1 (b) :

(c) પેપરસ્કેલ A અને Bનો ઉપયોગ કરી આપેલી પેન્સિલની લંબાઈ શોધવી

1. પેપરસ્કેલ A (લઘુત્તમ માપ 0.2 cm)ની લંબાઈ પર પેન્સિલ PP′ એવી રીતે મૂકો કે જેથી તેનો છેડો P પૂર્ણમાપના નિશાન પર આવે (ધારોકે 1 cm અથવા 2 cm વગેરે નિશાન) જ્યારે છેડો P′ વિકર્ણ 1 – D પર આવે. જો P′ વિકર્ણ પર આગળ આવે તો તેને પછીની ઉપરની લાઈન પર મૂકો, જેમાં અંતઃખંડ 0.2 cmના અપૂર્ણાંકમાં મોટો હોય. આથી આકૃતિ A 1.1 (a)માં પેન્સિલની લંબાઈ $3 \text{ cm} + 0.2 \times 2 \text{ cm} = 3.4 \text{ cm}$. અવલોકન વખતે એ વાતની કાળજી રાખો કે તમારી એક આંખ બંધ રહે અને બીજી આંખ નિશાન કરેલા જરૂરી વિભાગ પર રહે. કેમકે જો આંખ થોડી પણ ખસશે તો અવલોકન ખોટું મળશે.
2. 0.5 cm લઘુત્તમ માપ વાળી પેપરસ્કેલનો ઉપયોગ કરી ઉપરના પદ–1નું પુનરાવર્તન કરો અને યોગ્ય એકમો સાથે તમારા અવલોકનો નોંધો.

અવલોકનો

પેપરસ્કેલ **A**નું લઘુત્તમ માપ = 0.2 cm

પેપરસ્કેલ **B**નું લઘુત્તમ માપ = 0.5 cm

પરિણામ

(i) 0.2 cm અને 0.5 cm ની પેપરસ્કેલ બનાવવી

(ii) ઉપર બનાવેલા પેપરસ્કેલ વડે પેન્સિલની માપેલી લંબાઈઓ (a) ... cm અને (b) ... cm.

સાવચેતીઓ

(i) અણીદાર પેન્સિલ વાપરવી જોઈએ.

(ii) પેપરસ્કેલને તીક્ષ્ણ પેપર કટર વડે તેની યોગ્ય સીમાઓથી કાપવો જોઈએ.

(iii) બનાવેલા સ્કેલની ચોકસાઈ તપાસવા તેના વડે અવલોકન લો.

(iv) લંબાઈના માપન દરમ્યાન, વસ્તુનો એક છેડો પૂર્ણ cmના નિશાન પર સંપાત થાય અને બીજા છેડા વડે સ્કેલ પર માપ વાંચી શકાય.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

વિભાગ દર્શાવતી રેખા જરૂરિયાત પ્રમાણે તીક્ષ્ણ હોતી નથી.

ચર્ચા

(1) બનાવેલા સ્કેલ વડે લંબાઈના માપનની ચોકસાઈ ક્રમશઃ દોરેલી રેખાઓની જાડાઈ પર અને તેના અંકન પર આધાર રાખે છે.

(2) કેટલીક વ્યક્તિગત ત્રુટિ પણ આવી શકે છે, જેમકે દૃષ્ટિસ્થાનભેદની ત્રુટિ.

પ્રવૃત્તિ 2

હેતુ

ચાકમાત્રાના સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ કરી મીટરપટ્ટી વડે આપેલા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન નક્કી કરવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

લાકડાની નિયમિત જાડાઈવાળી મીટરપટ્ટી, (નિયમિત જાડાઈ અને પહોળાઈ ધરાવતી 1 મીટર લંબાઈની લાકડાની પાતળી પટ્ટી પણ વાપરી શકાય) અજ્ઞાત દ્રવ્યમાન, પાતળી ધારવાળી લાકડા અથવા ધાતુની ફાચર, વજનપેટી, લાંબો દોરો (30 cm જેટલો લાંબો.), સ્પિરિટ લેવલ, લગભગ 20 cm ઊંચાઈનું પ્લેટફોર્મ (જેમકે લાકડાનો અથવા ધાતુનો બ્લોક.)

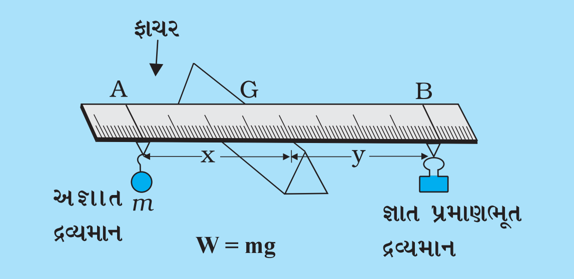
સિદ્ધાંત

નિશ્ચિત અક્ષને અનુલક્ષીને મુક્ત રીતે ભ્રમણ કરતાં પદાર્થ માટે, સંતુલિત સ્થિતિમાં સમઘડી દિશામાંની ચાકમાત્રાનો સરવાળો, વિષમઘડી દિશાની ચાકમાત્રાના સરવાળા જેટલો થાય છે. જો સળિયાના ગુરુત્વીય કેન્દ્રથી એકબાજુ l_1 અંતરે જ્ઞાત દ્રવ્યમાન M_1 અને ગુરુત્વીય કેન્દ્રથી બીજી બાજુ l_2 અંતરે અજ્ઞાત દ્રવ્યમાન M_2 લટકાવવામાં આવે છે અને જો સળિયો સંતુલિત સ્થિતિમાં હોય, તો $M_2l_2 = M_1l_1$

પદ્ધતિ

1. ટેબલ પર ઊંચું પ્લેટફોર્મ બનાવો. આમ કરવા માટે તમે લાકડાનો કે ધાતુનો બ્લોક વાપરી શકો. પણ, પ્લેટફોર્મ મજબૂત હોવું જોઈએ, તીક્ષ્ણ ધારવાળી ફાચર તેના પર મૂકો. તેના વિકલ્પે તમે ફાચરને ટેબલની સપાટીથી સગભગ 20 cm ઊંચાઈએ પ્રયોગશાળાના ટેબલ પર ગોઠવી શકો. સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ફાચરની ધારને સમક્ષિતિજ ગોઠવો.
2. મીટરપટ્ટી (બીમ) પરથી જ્ઞાત અને અજ્ઞાત દ્રવ્યમાન લટકાવવા માટે દોરીની બે લૂપ બનાવો. આ બંને લૂપને મીટરપટ્ટીના બંને છેડેથી દાખલ કરીને 10 cm અંતરે ગોઠવો.
3. દોરીની લૂપ સહિતની મીટરપટ્ટીને ફાચર પર ગોઠવો અને તેને ખસેડીને તેની સંતુલન સ્થિતિ મેળવો. મીટર પટ્ટી સંતુલનમાં ગોઠવાય ત્યારે ફાચર પરની મીટર પટ્ટીએ બે બિંદુના નિશાન કરો. આ બંને બિંદુઓને જોડતાં સીધી લીટી મળે છે, જે કોઈ કારણસર માપપટ્ટી ફાચર પરથી પડી જાય, તો તેને સંતુલન સ્થિતિના સ્થાને ગોઠવવાની સગવડતા આપે છે. આ લીટી માપપટ્ટીના ગુરુત્વકેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે.

4. એક હાથમાં અજ્ઞાત દ્રવ્યમાન લો અને બીજા હાથમાં વજનપેટીમાંથી જ્ઞાત દ્રવ્યમાન જે લગભગ અજ્ઞાત જેટલું લાગે તે લો.
5. મીટરપટ્ટી સાથે જોડાયેલ દોરીને બે લૂપ પૈકીની કોઈ એક લૂપમાં અજ્ઞાત દ્રવ્યમાન લટકાવો. બીજી લૂપમાં જ્ઞાત વજનીયાં લટકાવો. (આકૃતિ A 2.1).
6. જ્ઞાત વજનીયાંવાળી લૂપને ખસેડીને એવા સ્થાને મૂકો કે જેથી ફાચરની તીક્ષ્ણ ધાર પર રહેલી મીટરપટ્ટી સંતુલન સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે. સંતુલનની આ સ્થિતિમાં (પદ - 3) માં દોરેલી લીટી ફાચરની ધારની બરાબર ઉપર જ રહે અને માપપટ્ટી પરથી પસાર થતી દોરીની બે લૂપ આ લીટીને સમાંતર રહે છે તેની ખાત્રી કરો.



આકૃતિ A 2.1 **: આપેલા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન નક્કી કરવાના પ્રયોગની ગોઠવણી**

7. પદ-3માં દોરેલી લીટીથી લૂપના સ્થાનનું અંતર માપો તમારા અવલોકનો નોંધો.
8. સહેજ હલકા અને ભારે વજન માટે ઓછામાં ઓછી બે વખત પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો. દરેક કિસ્સામાં પદ - 3માં દોરેલ લીટીથી અજ્ઞાત દ્રવ્યમાનનું અંતર અને વજન નોંધો.

અવલોકન :

ગુરુત્વકેન્દ્રનું સ્થાન = ... cm

કોષ્ટક A 2.1 : અજ્ઞાત વસ્તુનું દ્રવ્યમાન નક્કી કરવું

ક્રમ નં.	મીટરપટ્ટીના સંતુલન માટે દોરીની લૂપથી લગાડેલ દ્રવ્યમાન M_1 (g)	ફાચરથી દ્રવ્યમાન (M_1)નું અંતર l_1 (cm)	ફાચરથી અજ્ઞાત દ્રવ્યમાનનું અંતર l_2 (cm)	અજ્ઞાત દ્રવ્યમાન M_2 (g) $= \frac{M_1 l_1}{l_2}$	અજ્ઞાત દ્રવ્યમાનનું સરેરાશ દળ (g)
1					
2					
3					
4					
5					

ગણતરીઓ

મીટરસ્કેલની સંતુલિત સ્થિતિમાં ફાચરની એક બાજુ પરની બળની ચાકમાત્રા બીજી બાજુ પરના બળની ચાકમાત્રા જેટલી થાય.

જ્ઞાત વજનના કારણે બળની ચાકમાત્રા = $(M_1 l_1)$ g

અજ્ઞાત વજનના કારણે બળની ચાકમાત્રા = $(M_2 l_2)$ g

સંતુલિત સ્થિતિમાં,

$$M_1 l_1 = M_2 l_2$$

અથવા

$$M_2 = \frac{M_1 l_1}{l_2}$$

અજ્ઞાત દ્રવ્યમાનનું સરેરાશ દળ = ... g

પરિણામ

આપેલા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન = ... g (સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન)

સાવચેતીઓ

1. ફાચર તીક્ષ્ણ અને હંમેશાં માપપટ્ટીની લંબાઈને લંબ હોવી જોઈએ.
2. દોરીના લૂપ માપપટ્ટીની લંબાઈને લંબ હોવી જોઈએ.
3. લૂપ બનાવવા માટે વાપરેલી દોરી પાતળી, હલકી અને મજબૂત હોવી જોઈએ.
4. હવાનો પ્રવાહ શક્ય એટલો ઘટાડવો જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. માપપટ્ટીની પહોળાઈ અને જાડાઈ બદલાતી હોય તેને કારણે મીટરપટ્ટીની સમગ્ર લંબાઈ પર એકમ લંબાઈ દીઠ દ્રવ્યમાન નિયમિત ન હોય.
2. મીટરપટ્ટી પર દોરેલી લીટી વજનીયાંની ક્રમિક ગોઠવણોની સંતુલન સ્થિતિ દરમ્યાન ફાચરની બરાબર ઉપર જ રહેતી ન હોય.
3. જ્યારે વજનીયાં સંતુલન સ્થિતિમાં હોય ત્યારે દોરીની લૂપ ફાચરને સમાંતર ન હોય તો તે વજન-ભૂજાના માપનમાં કેટલીક ત્રુટિનો પરિચય આપે છે.
4. માપપટ્ટીની સંપૂર્ણ સંતુલિત સ્થિતિ મેળવવી મુશ્કેલ છે. $1°$ ના ક્રમનું નમન પણ પદાર્થના દ્રવ્યમાનના માપનમાં અસર કરી શકે છે.

ચર્ચા

1. માપપટ્ટી સમક્ષિતિજ સંતુલન સ્થિતિમાં જે બિંદુએ ફાચર પર ગોઠવાય છે તે બિંદુને શું નામ આપશો ?
2. દ્રવ્યમાનના માપનની ચોક્કસાઈ પર મીટરપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ કેવી રીતે મર્યાદા મૂકે છે ?
3. જ્યારે મીટરપટ્ટી સંપૂર્ણ સમક્ષિતિજ હોય, ત્યારે ગુરુત્વાકર્ષણબળને કારણે મીટરપટ્ટી પર લાગતો પરિણામી ટોર્ક કેટલો હોય છે ?
4. ચાકમાત્રાના સિદ્ધાંત પર ભૌતિક તુલા કેવી રીતે કાર્ય કરે છે તે સમજાવો.
5. આ પ્રવૃતિમાં હવાના પ્રવાહોને કારણે શું સમસ્યાઓ થઈ શકે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. પ્રયોગ શાળામાં ઉપલબ્ધ વજનીયાંના દ્રવ્યમાન ઉપરોક્ત પદ્ધતિથી નક્કી કરી અને તેના અંકિત મૂલ્યો સાથે સરખામણી કરી, તેની ચોક્કસાઈ ચકાસી શકાય છે.
2. મીટરપટ્ટીના ઉપયોગથી ચાકમાત્રાનો સિદ્ધાંત ચકાસવો. મીટરપટ્ટીને તેના ગુરુત્વકેન્દ્રએ સંતુલિત કર્યા બાદ, M_1 અને M_2 દ્રવ્યમાનનોને ગુરુત્વકેન્દ્રની બંને બાજુએ અનુક્રમે l_1 અને l_2 અંતરે લટકાવો મીટરપટ્ટી સમક્ષિતીજ બને તેવી રીતે અંતર l_1 અને l_2ને ગોઠવો M_1l_1 અને M_2l_2 ની ગણતરી કરો અને સરખાવો M_1 અને M_2 દ્રવ્યમાનના અન્ય સંયોજનો માટે પ્રયોગ ફરીથી કરો.

પ્રવૃત્તિ 3

હેતુ

યોગ્ય પ્રમાણમાપ પસંદ કરીને આપેલી માહિતીના સમૂહનો આલેખ દોરવો અને સાધનની ચોક્કસાઈના કારણે મળતા ત્રુટિના સ્તંભ દર્શાવવા.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

આલેખપેપર, પેન્સિલ, માપપટ્ટી અને માહિતીનો સમૂહ.

સિદ્ધાંત

પ્રાયોગિક રીતે મેળવેલ માહિતીનું આલેખીય નિદર્શન આપેલ ઘટનાના ચલિત પ્રાચલો વચ્ચેના આંતર સંબંધોનું અર્થઘટન, ચર્ચા અને સમજૂતી મેળવવામાં મદદ કરે છે ચલના માપેલા મૂલ્યોમાં કેટલીક ત્રુટિ અથવા અપેક્ષિત અચોક્કસાઈ હોઈ શકે. આ કારણને લીધે માહિતીના દરેક બિંદુને આલેખ પર અનન્ય સ્થાન હોતું નથી. તેનો અર્થ એ છે કે ત્રુટિ પર આધાર રાખીને, આલેખ પર રહેલ દરેક બિંદુના x-યામ અને y-યામ, ત્રુટિ સ્તંભ તરીકે ઓળખાતા વિસ્તારમાં આવશે.

સાધન દ્વારા થતા કોઈ માપનના મૂલ્યમાં અચોક્કસાઈ ઉપયોગમાં લીધેલ સાધનની સૂક્ષ્મ ચોક્કસાઈ પર રહેલ છે. દા.ત. ગોળાના વ્યાસના માપનમાં, તેને $d \pm \Delta d$ વડે રજૂ કરવું એ સાચો માર્ગ છે, જ્યાં Δd એ dના માપનની અચોક્કસાઈ છે જે ઉપયોગમાં લીધેલ વર્નિયર/સ્ક્રુગેજના લઘુત્તમ માપ વડે આપી શકાય. આલેખમાં $d \pm \Delta d$ ની રજૂઆત ‘d’ બિંદુની આસપાસ $\pm \Delta d$ લંબાઈની રેખા વડે દર્શાવવામાં આવે છે. જે d ની ત્રુટિ સ્તંભ તરીકે ઓળખાય છે.

આપણે એક ઉદાહરણ લઈએ કે જેમાં વર્તુળ આકાર ધરાવતી વસ્તુનો વ્યાસ 0.01 cm લઘુત્તમ માપ ધરાવતા વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરી માપીએ છીએ. આ માપેલા મૂલ્યો કોષ્ટક-1 માં આપેલ છે. વ્યાસના માપેલા મૂલ્યો પરથી, દરેક પદાર્થ માટે ત્રિજ્યાની ગણતરી કરવાની જરૂરિયાત છે અને ત્રિજ્યાને માપનના સાધનના અહીં વર્નિયર કેલીપર્સના, લઘુત્તમ માપને સુસંગત અંક સુધી રાઉન્ડ ઓફ કરવામાં આવે. આપણે ત્રિજ્યાના મૂલ્યમાં મહત્તમ શક્ય આંશિક અનિયમિતતા (અથવા ત્રુટિ)નો અંદાજ પણ લેવો પડે. પછી, નીચેના સૂત્રનો ઉપયોગ કરી દરેક વસ્તુના ક્ષેત્રફળ A ની ગણતરી કરો.

ક્ષેત્રફળ $A = \dfrac{\pi d^2}{4}$

જ્યાં π એ ખૂબ જાણીતો અચળાંક છે.

પ્રાયોગિક માહિતીની આલેખાત્મક રજૂઆત, આપેલ પ્રયોગ અથવા ઘટના અથવા પ્રસંગની સાથે સંકળાયેલા વિવિધ પરિમાણો વચ્ચે પરસ્પર સંબંધ અથવા રચના તરફ જોવાની અનુકૂળ રીત આપે છે. આપેલ માહિતીને ચિત્રાત્મક રીતે જણાવવા માટે પણ આલેખ એક સારુ સાધન બને છે. ચલિતો વચ્ચે પરસ્પર સંબંધનું અનુમાન કરવા કે તેમની વચ્ચેનો સંબંધ ચકાસવા માટે ઘણીવાર આપણે પ્રયોગ દરમ્યાન મેળવેલી માહિતીને આલેખીય રીતે રજૂ કરવી પડે છે. એટલે જ, આપેલ માહિતીના સમૂહને આલેખીય રીતે રજૂ કરવાની રીત, આલેખમાં મૂકેલ માહિતીને યોગ્ય વક્ર વડે દર્શાવવાનું કૌશલ્ય અને આપેલ આલેખનું અર્થઘટન કરો. સંબંધિત માહિતીનું અનુમાન કરવાનું હિતાવહ છે.

આપેલ માહિતી માટેનો રેખીય આલેખ દોરવો અને તેનો ઢાળ શોધવા માટેના મૂળભૂત તબક્કાની ચર્ચા આપણે પ્રકરણ -1 માં કરી ચૂક્યા છીએ આલેખ દોરવાના તબક્કામાં અક્ષોની પસંદગી (સ્વતંત્ર ચલ વિરુદ્ધ આધારિત ચલ), પ્રમાણ માપની પસંદગી, માહિતીની દરેક જોડી માટે આલેખ પર બિંદુઓ મૂકવા અને આપેલ માહિતીને અનુરૂપ બિંદુઓમાંથી પસાર થતો સરળ વક્ર અથવા રેખા બનાવવી. આલેખના અર્થઘટનમાં સામાન્ય રીતે વક્ર / રેખાનો ઢાળ શોધવો, ચલિતો / પરિમાણો વચ્ચેના પરસ્પર આધારની પ્રકૃતિનું અનુમાન કરવું, સ્વતંત્ર ચલના આપેલ મૂલ્યને અનુરૂપ આધારિત ચલના ઈચ્છિત મૂલ્ય મેળવવા માટે આલેખને ઈન્ટરપોલેટિંગ (interpolating) /એક્સ્ટ્રાપોલેટિંગ (extra polating) કરવાનો સમાવેશ હોય છે. જો કે અત્યાર સુધી તમે માહિતીની આલેખીય રજૂઆત કરવામાં ત્રુટિને અવગણો છો અથવા ત્રુટિનું અસ્તિત્વ જ નથી તેમ ધારો છો. તમે જાણો જ છો કે દરેક માહિતીમાં માપનની ચોક્કસાઈનો અભાવ અથવા માહિતીના એકત્રીકરણમાં વપરાતી પદ્ધતિ / પ્રક્રિયામાં અમુક બીજા પરિબળોના કારણે ત્રુટિ / અચોક્સાઈ હોય છે. આપેલ માહિતીમાં અચોક્કસાઈ / ત્રુટિની હદ દર્શાવતો આલેખ દોરવાનું શક્ય છે. આલેખમાં આવા નિરૂપણને ત્રુટિ સ્તંભ કહે છે. સામાન્ય રીતે, ત્રુટિ સ્તંભ આપણને વાસ્તવિક ત્રુટિઓ, માપનમાં ત્રુટિઓની આંકડાકીય સંભાવના અથવા બાકીની માહિતીની સરખામણીમાં લાક્ષણિક માહિતી બિંદુઓની આલેખીય રજૂઆત કરી આપે છે.

માપન માટે વપરાયેલ સાધનના લઘુત્તમ માપ પરથી લંબાઈ, દ્રવ્યમાન, સમય, તાપમાન જેવી ભૌતિક રાશિઓની અનિશ્ચિતતા કેવી રીતે દર્શાવવી તે તમે શીખ્યા છો. દા.ત. 0.001 cm લઘુત્તમ માપ ધરાવતા સ્ક્રુગેજની મદદથી માપેલ તારના વ્યાસના માપને 0.181 cm $\pm$ 0.001 cm વડે દર્શાવાય છે. માપનમાં $\pm$ 0.001 cm દર્શાવે છે કે તારના વ્યાસની સાચી કિંમત 0.180 cmથી 0.182 cm ની વચ્ચે હશે. વળી, માપનમાં ત્રુટિ ઘણા બીજા પરિબળો જેમ કે વ્યક્તિગત ત્રુટિ, પ્રાયોગિક ત્રુટિ, વિગેરેના કારણે પણ હોઈ શકે. અમુક કિસ્સામાં, માહિતીમાં ત્રુટિ, માપન સાથે સંકળાયેલા પરિબળો સિવાયના પરિબળોના કારણે પણ હોય છે. દા.ત. α-કણોના પ્રકીર્ણનના પ્રયોગમાં વિદ્યુત કણોનો પ્રકીર્ણન કોણ અથવા કોઈ એક સામાજિક મુદ્દા પર વસ્તીના અમુક ભાગના અભિપ્રાયનું એકત્રીકરણ આવી ત્રુટિઓની અનિશ્ચિતતાનો અંદાજ વિવિધ આંકડાકીય પદ્ધતિઓ વડે મળે જે તમે આગળ ઉચ્ચ વર્ગોમાં ભણશો. અહિં આપણે માપવાના સાધનોના લઘુત્તમ માપના કારણે જ માપનમાં અનિશ્ચિતતા ધ્યાનમાં લઈશું જેથી કરીને આપેલ માહિતીની અનિશ્ચિતતાને રેખીય આલેખમાં દર્શાવતા શીખીએ.

આપણે સાદા લોલક માટેના આવર્તકાળ T અને લંબાઈ l ના આલેખનું ઉદાહરણ લઈએ. સાદા લોલકમાં આવર્તકાળ T અને લંબાઈ l ના આલેખમાં, આવર્તકાળના માપનની અનિશ્ચિતતા સ્ટોપ વૉચના લઘુત્તમ માપ પર આધાર રાખે છે, જ્યારે લંબાઈના માપનની અનિશ્ચિતતા લંબાઈ માપવાના સાધનના લઘુત્તમ માપ પર આધાર રાખે છે. કોષ્ટક A 3.1 માં પ્રયોગ દરમ્યાન માપેલા સાદા લોલકના આવર્તકાળની માહિતી, લંબાઈ અને આવર્તકાળની અનિશ્ચિતતા સાથે દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક A 3.1 : જુદી જુદી લંબાઈ ધરાવતા સાદા લોલકના આવર્તકાળ

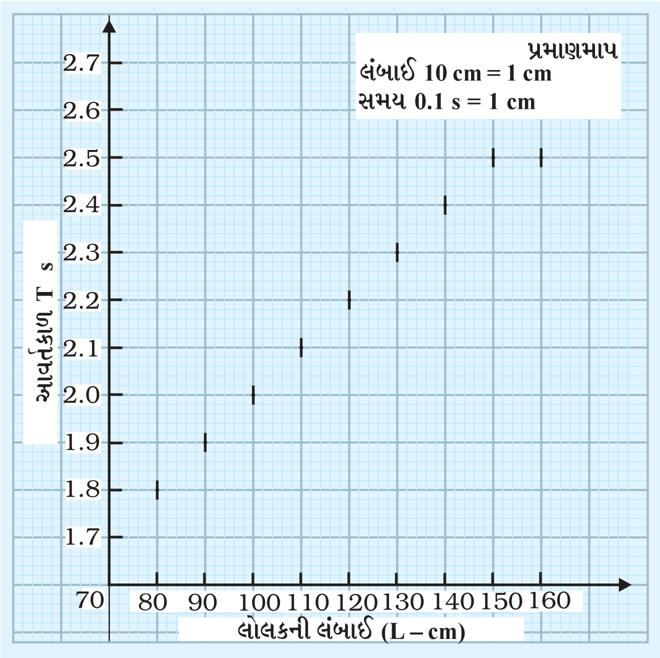
ક્રમ નં.	લોલકની લંબાઈ		આવર્તકાળ		
	મીટરપટ્ટી વડે માપેલી લંબાઈ L (cm)	અનિશ્ચિતતા સહિત લંબાઈ L (માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = 0.1 cm) (cm)	સ્ટોપ વૉચ વડે માપેલો સરેરાશ આવર્તકાળ T (s)	અનિશ્ચિતતા સહિત, આવર્તકાળ T (સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ = 0.1 s) (s)	અનિશ્ચિતતા સહિત આવર્તકાળનો વર્ગ T^2
1	80.0	80±0.1	1.8	1.8±0.1	3.24±0.2
2	90.0	90±0.1	1.9	1.9±0.1	3.61±0.2
3	100.0	100±0.1	2.0	2.0±0.1	4.0±0.2
4	110.0	110±0.1	2.1	2.1±0.1	4.41±0.2
5	120.0	120±0.1	2.2	2.2±0.1	4.84±0.2
6	130.0	130±0.1	2.3	2.3±0.1	5.29±0.2
7	140.0	140±0.1	2.4	2.4±0.1	5.76±0.2
8	150.0	150±0.1	2.4	2.4±0.1	5.76±0.2

ત્રુટિસ્તંભ સહિત આલેખ દોરવો

ત્રુટિસ્તંભ સહિત આલેખ દોરવાના તબક્કાઓ નીચે મુજબ છે.

1. આલેખ પર યોગ્ય માપક્રમ લઈ X-અક્ષ અને Y-અક્ષ દોરો. માહિતી (અવલોકન)માં રહેલી તમામ ત્રુટિઓ કે અનિશ્ચિતતા દર્શાવવા પ્રમાણમાપ એવી રીતે પસંદ કરવો જોઈએ કે જેથી સૌથી નાનામાં નાનો કાપો સૌથી નાની અનિશ્ચિતતા/ત્રુટિને સંલગ્ન હોય.
2. આલેખ પર દરેક માહિતીની જોડીને અનુરૂપ અનિશ્ચિતતા/ત્રુટિને ધ્યાનમાં લીધા સિવાય બિંદુઓ અંકિત કરો.

3. પદ-2 માં આપેલ આલેખમાં અંકિત કરેલા દરેક બિંદુમાં કિંમતની અનિશ્ચિતતા કાંતો x-અક્ષ પર અથવા y-અક્ષ પર અથવા બંને પર દર્શાવેલ છે. દા.ત., (80, 1.8)નું આલેખ પરનું બિંદુ જુઓ, જો અનિશ્ચિતતાને ધ્યાનમાં લઈએ તો લોલકની સાચી લંબાઈ 79.9 cmથી 80.1 cm વચ્ચે આવે. આ અનિશ્ચિતતાને આલેખમાં x-અક્ષને સમાંતર 0.2 cmની રેખા કે જેનું મધ્યબિંદુ 80 cm હોય તેના વડે દર્શાવી શકાય. x-અક્ષને સમાંતર 0.2 cmની રેખા 80 cm લંબાઈના લોલક માટેની ત્રુટિસ્તંભ દર્શાવે છે. લોલકની લંબાઈ માટેની ત્રુટિસ્તંભ પણ આ જ રીતે દોરી શકાય છે.

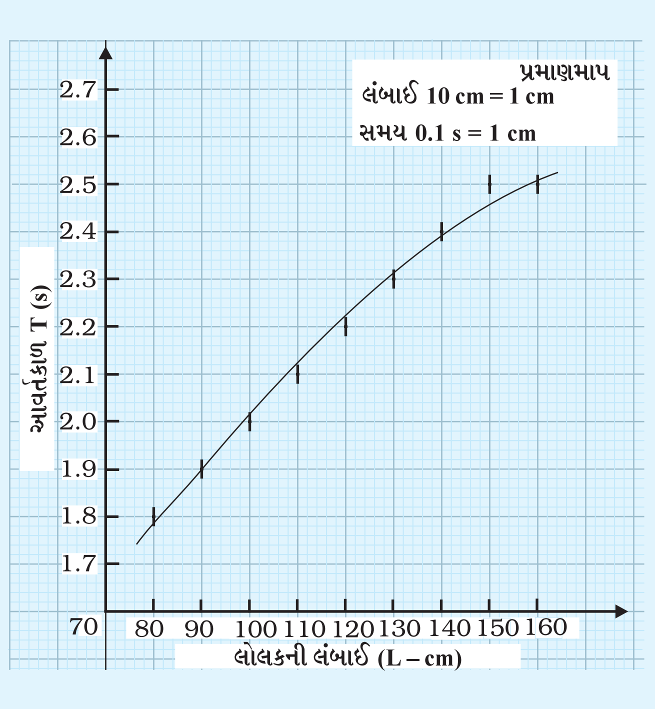


આકૃતિ A 3.1 : લોલકના આવર્તકાળની અનિશ્ચિતતાને સંલગ્ન ત્રુટિસ્તંભ. (પ્રમાણમાપની મર્યાદાને કારણે લંબાઈની અનિશ્ચિતતા દર્શાવી નથી.

4. પદ-3 ને પુનરાવર્તિત કરી આવર્તકાળની અનિશ્ચિતતાના માપનનો ત્રુટિસ્તંભ દોરી શકાય છે, જે y-અક્ષને સમાંતર હોય.

5. એકવાર આલેખ પર માહિતી પરથી બંને અક્ષો પર ત્રુટિસ્તંભ દોરાઈ જાય, પછી દરેક માહિતીની જોડી માટે આલેખ પર a + અથવા < %નું નિશાન કરો. (આકૃતિ A 3.1).

6. આલેખ પરના + નિશાનની શક્ય એટલી નજીકથી હળવો વક્ર દોરો. (આકૃતિ A 3.2).



આકૃતિ A 3.2 : લોલકના આવર્તકાળનો લંબાઈ સાથેનો બદલાવ (ત્રુટિ સહિત)

પરિણામ

માહિતીનો આપેલ સમૂહ અનન્ય બિંદુઓ આપે છે. વળી, દોરતી વખતે, આ માહિતી દર્શાવતો વક્ર બધાજ બિંદુઓમાંથી પસાર ન પણ થાય. પરંતુ, તેને દરેક બિંદુની આસપાસ ત્રુટિસ્તંભ વડે ઘેરાતા વિસ્તારમાંથી તો પસાર તો થવું જ પડે.

સાવચેતીઓ

1. આ પ્રકારના કિસ્સામાં x-અક્ષ અને y-અક્ષના છેદનબિંદુ O (0, 0) ને ઉગમબિંદુ તરીકે લેવામાં આવે છે. જો કે તેવું હંમેશા જરૂરી નથી. આલેખના વિસ્તારનો મહત્તમ ઉપયોગ કરવાનો પ્રયત્ન કરવો.
2. આલેખ દોરતી વખતે પ્રમાણમાપ નક્કી કરવામાં એ વાતનું ધ્યાન રાખો કે અનિશ્ચિતતા આલેખમાં નાનામાં નાના કાપા વડે પણ દર્શાવી શકાય.
3. આલેખ પર માહિતીના બિંદુઓને હળવેકથી કાળજીપૂર્વક જોડો તથા વક્ર કે રેખા પાતળી રાખો.
4. દરેક આલેખને ચોક્કસ શીર્ષક આપો, જે આલેખની ઉપર લખેલું હોવું જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. ઉગમબિંદુ અને પ્રમાણમાપની અયોગ્ય પસંદગી.
2. અવલોકિત બિંદુઓનું અયોગ્ય નિરુપણ.

સુચિત વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ :

પ્રયોગો 6, 9, 10, 11, 14 અને 15 કરતી વખતે મળેલ માહિતીના આલેખમાં ત્રુટિસ્તંભો કેવી રીતે દોરવા ?

નોંધ : આ પ્રવૃતિનો હેતુ, માપવાના સાધનો માટે અનિશ્ચિતતા સાથે યોગ્ય માપક્રમ લઈ આલેખ દોરવાનો હોઈ, આ પ્રવૃતિમાં ગણતરીને અવગણો. પ્રયોગ-14માં સૂચિત વધારાની પ્રવૃતિમાં ત્રુટિસ્તંભ સાથે શીતવક્ર દોરવા માટે તાપમાન અને સમયને માપવા માટે અનુક્રમે થર્મોમીટર અને સ્ટોપ ક્લોક (સ્ટોપ વોચ) વપરાય. માહિતી/અવલોકનોના સંપૂર્ણ સમૂહ માપવાના સાધનોના લઘુત્તમ માપ સાથે $\frac{\Delta\theta}{\theta}$ અને $\frac{\Delta T}{T}$ ની કિંમત આપેલી હોય. વધારામાં આ જ વક્ર ત્રુટિ સ્તંભ સાથે બે જુદા જુદા માપક્રમ લઈ દોરવા કહેવું અને પછી તેના પર ચર્ચા કરી શકાય.

પ્રવૃત્તિ 4

હેતુ

સમક્ષિતિજ સપાટી પર રોલર (લાકડાના બ્લોક) માટે સીમાંત રોલિંગ ઘર્ષણ બળ શોધવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

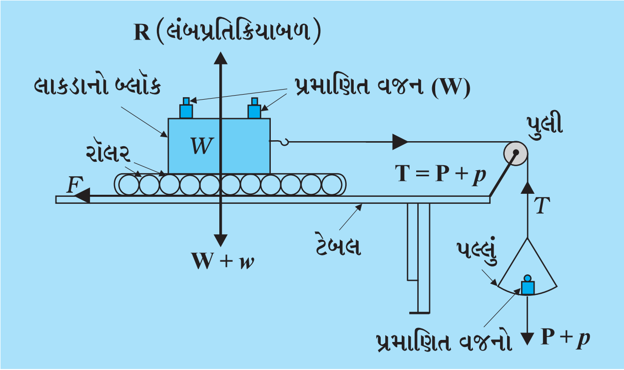
એક તરફ હૂક લગાડેલ લાકડાનો બ્લૉક, વજનીયાંનો સેટ, એક છેડે ઘર્ષણરહિત પુલી (ગરગડી) લગાડેલ સમક્ષિતિજ સપાટી, પલ્લું, સ્પ્રિંગતુલા, દોરો, સ્પિરિટ લેવલ, વજનપેટી, સીસાનાં છરા (રોલર).

સિદ્ધાંત

રોલિંગ ઘર્ષણ એ સપાટી પર પદાર્થ સરક્યા સિવાય ગબડવાની શરૂઆત કરે તેના માટે લાગતું લઘુત્તમ બળ છે. રોલિંગ ઘર્ષણ એ ગતિક ઘર્ષણ કરતા ઓછું હોય.

પદ્ધતિ

1. પુલી (ગરગડી) ઘર્ષણરહિત છે કે નહિ તે ચકાસો, નહિ તો તેનું ઘર્ષણ ઓછું કરવા તેલનો ઉપયોગ કરો.
2. સમક્ષિતિજ સપાટીને સ્પિરિટ લેવલ વડે ચકાસો અને તેના પર આકૃતિ A 4.1માં દર્શાવ્યા મુજબ સીસાનાં છરાનું એક સ્તર બનાવો.
3. લાકડાના બ્લૉકનું વજન કરો.
4. પલ્લાંનું વજન માપો. દોરીનો એક છેડો પલ્લાને બાંધો અને તેને પુલી પરથી લટકાવો.
5. હવે બ્લૉકને સીસાના છરાના સ્તર પર મૂકી, હુક સાથે દોરીનો બીજો છેડો બાંધો.
6. પલ્લાંમાં નાનું વજન મૂકો અને જુઓ કે રોલર પર મૂકેલ લાકડાનો બ્લૉક ગતિની તૈયારીમાં છે.



આકૃતિ A 4.1 : રોલિંગ ઘર્ષણના અભ્યાસ માટેની ગોઠવણી

7. જો લાકડાના બ્લોકની ગતિ ચાલુ ન થઈ હોય તો, વજનપેટીમાંથી ધીરે-ધીરે વધારે વજન પલ્લામાં મૂકતાં જાવ, જ્યાં સુધી બ્લૉકની ગતિ શરૂ ન થાય.
8. અવલોકન કોષ્ટકમાં પલ્લાંમાં મૂકેલ કુલ વજન નોંધો, જેમાં પલ્લાંનાં વજનનો પણ સમાવેશ થાય.
9. લાકડાના બ્લૉક ઉપર 100 g વજન મૂકી પદ 7થી 9 પુનરાવર્તન કરો.
10. તબક્કા વાર લાકડાના બ્લૉક ઉપર વજન વધારો અને પદ 7થી 9 પુનરાવર્તિત કરો.

અવલોકનો

લાકડાના બ્લૉકનું દ્રવ્યમાન m = ... g = ... kg

લાકડાના બ્લૉકનું વજન W (mg) = ... N

પલ્લામાં વજન

(પલ્લાંનું દ્રવ્યમાન + વજન) × ગુરુત્વપ્રવેગ (g) = ... N

કોષ્ટક A 4.1 : વધારાના વજનનો કોઠો

ક્રમ	લાકડાના બ્લૉક ઉપર મૂકેલા પ્રમાણિત વજનના દ્રવ્યમાન w	કુલ ખેંચાયેલું વજન = (W + w) × g = લંબપ્રત્યાઘાત R (N)	પલ્લામાંનું દ્રવ્યમાન (p) (kg)	કુલ વજન (બળ) જે બ્લૉક અને પ્રમાણિત વજનને ખેંચે છે. (P + p) g
1				
2				
3				
4				

પરિણામ

ખેંચાતું કુલ વજન વધારતાં સીમાંત રોલિંગ ઘર્ષણ બળ વધે/ઘટે છે.

સાવચેતીઓ

1. પુલી (ગરગડી) ઘર્ષણરહિત હોવી જોઈએ અને જો જરૂરી હોય તો લુબ્રીકેશન પણ કરવું.
2. પુલી અને હુકને જોડતી દોરીનો ભાગ સમક્ષિતિજ રહેવો જોઈએ.

3. સીસાના છરાની સપાટી તથા સમક્ષિતિજ સપાટી અને બ્લૉક ચોખ્ખા, સૂકા અને લીસા હોવા જોઈએ.
4. પલ્લામાં વજન હળવેકથી અને કાળજીપૂર્વક મૂકવું જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

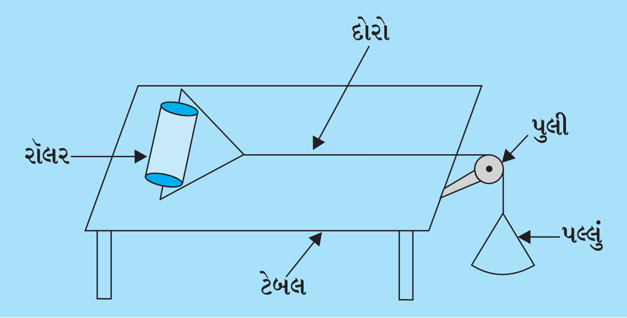
1. પુલી આગળનું ઘર્ષણ સીમાંત ઘર્ષણ વધારે છે.
2. ઘણી વાર સપાટી સંપૂર્ણ સમક્ષિતિજ હોતી નથી.

ચર્ચા

1. દોરીના બે ભાગ, બ્લૉક અને પુલીને જોડતો તથા પુલી પરથી પસાર થઈને જતો એકબીજાને લંબ હોવા જોઈએ.
2. બ્લૉકને ખેંચતું કુલ વજન (પલ્લાના વજન સાથે) એવું હોવું જોઈએ કે જેથી તંત્ર પ્રવેગ રહિત સરક્યા સિવાય ગબડે.
3. રેતી પથરાયેલ હોય તેવા રસ્તા પર વળાંક લેતી વખતે લપસી ન જવાય તે માટે બે પૈડાનું વાહન ધીમું પાડવું જોઈએ, શા માટે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. રોલિંગ ઘર્ષણ F વિરુદ્ધ લંબ પ્રત્યાઘાતી બળનો આલેખ દોરી રોલિંગ ઘર્ષણાંક (μ_r) શોધવો.
2. સીસાનાં છરા અને જે સપાટી પર છરા ગોઠવેલ છે તેની પર ગ્રીસ લગાડતાં શું અસર થાય છે ?
3. આકૃતિ A 4.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે રોલરની રૉલિંગ ગતિનો અભ્યાસ કરો અને તેને આપણે આગળ કરેલી પ્રવૃત્તિની ગોઠવણના અભ્યાસ સાથે સરખાવો.



આકૃતિ A 4.2 :

પ્રવૃત્તિ 5

હેતુ

પ્રક્ષિપ્તકોણ બદલવાથી પાણીની ધારની (jet of water) અવધિ માં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

PVC અથવા રબરની પાઈપ, નોઝલ, દબાણ થી આવતા પાણીનું ઉદગમસ્થાન (દા.ત., ઓવરહેડ ટાંકી અથવા સપ્લાય લાઈનમાંથી નળ વડે આવતું પાણી), મોટી સાઈઝનું કોણમાપક.

સિદ્ધાંત

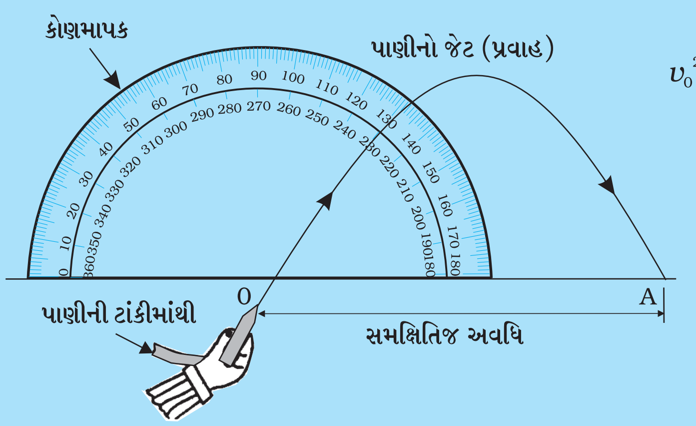
જેટમાંથી નીકળતા પાણીના કણોની ગતિને ગુરુત્વપ્રવેગ (g) ની અસર હેઠળ થતી પ્રક્ષિપ્ત ગતિના ઉદાહરણ તરીકે લઈ શકાય. તેના માટે અવધિ નીચેના સૂત્ર વડે મળે

$$R = \frac{\upsilon_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$$

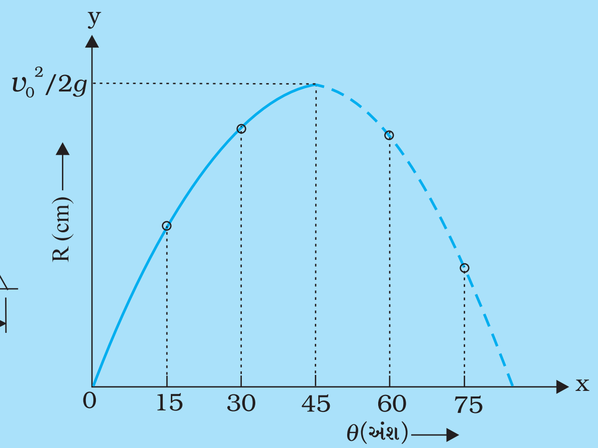
જ્યાં θ_0 પ્રક્ષિપ્તકોણ અને υ_0 એ પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થનો વેગ છે.

પદ્ધતિ

1. **મોટું કોણ માપક બનાવવું :** લગભગ 25 cm ત્રિજ્યા ધરાવતું વર્તુળાકાર પ્લાયબોર્ડ અથવા જાડી વર્તુળાકાર કાર્ડબોર્ડની શીટ લો, તેના કેન્દ્રમાંથી પસાર થતો વ્યાસ દોરો. બે dees બનાવવા વ્યાસ પર કાપો. કોઈ એક dees પર 0° થી શરૂ કરી 15° ના ગાળે ખૂણા દોરો.
2. નળ સાથે પાઈપનો એક છેડો જોડો,જ્યારે બીજા છેડાથી પાણીની ધાર મેળવવા માટે નોઝલ જોડો. ખાતરી કરો કે પાઈપ ક્યાંયથી લીક ના હોય.
3. આકૃતિ A 5.1 માં દર્શાવ્યા મુજબ કોણમાપકને જમીન પર ઉર્ધ્વ સમતલમાં એવી રીતે ગોઠવો કે અંકિત કરેલા ભાગ તમારી સામે રહે.
4. જેટને કોણમાપકના કેન્દ્ર O પર ગોઠવો અને જેટની નોઝલને કોણમાપક પર 15°ના નિશાનની દિશામાં રાખો.
5. જેટમાં પાણી આવે તે માટે નળ ખોલો. જેટમાંથી નીકળતું પાણી તેનો પરવલયાકાર ગતિપથ પૂર્ણ કરી જમીન પર જે બિંદુએ પડે ત્યાં નિશાન A કરો. નળ બંધ કરો.



આકૃતિ A 5.1 : પ્રતિક્ષિપ્તકોણ બદલવાથી પાણીના પ્રવાહ(જેટ)ની અવધિમાં થતો ફેરફારના અભ્યાસની ગોઠવણી



આકૃતિ A 5.2 : પ્રક્ષિપ્તકોણ સાથે બદલાતી અવધિ

6. હવે O થી Aનું અંતર માપો, જે 15°ના પ્રક્ષિપ્તકોણને સંલગ્ન અવધિ Rનું માપ આપે છે.
7. હવે θ_0 ને તબક્કાવાર 15° ના ગાળામાં 75° સુધી બદલતા જાવ અને દરેક પ્રક્ષિપ્તકોણને સંલગ્ન અવધિ માપો.
8. પ્રક્ષિપ્તકોણ θ_0 અને અવધિ R વચ્ચેનો આલેખ દોરો. (આકૃતિ A5.2)

અવલોકનો

માપવાની પટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... cm

કોષ્ટક A 5.1 : અવધિનું માપન

ક્રમ નં.	પ્રક્ષિપ્તકોણ, θ_0 (અંશ)	અવધિ R (cm)
1	15°	
2	30°	
3	45°	
4	60°	
5	75°	

આલેખ

પ્રક્ષિપ્તકોણ (X-અક્ષ પર) અને અવધિ (Y-અક્ષ પર) વચ્ચેનો આલેખ દોરો.

પરિણામ

પાણીની ધાર (જેટ)ની અવધિ પ્રક્ષિપ્તકોણ સાથે આકૃતિ A 5.2 માં દર્શાવ્યા મુજબ બદલાય છે.

જ્યારે $\theta_0 = ...°$ હોય ત્યારે પાણીની ધાર (જેટ)ની અવધિ મહત્તમ હોય.

સાવચેતીઓ

1. પાઈપમાં કોઈ લીકેજ ના હોવો જોઈએ તથા પ્રયોગ દરમ્યાન જેટમાંથી બહાર નીકળતાં પાણીનું દબાણ બદલાવું જોઈએ નહિ.
2. પાણીનો પ્રવાહ જમીન પર કોઈ ચોક્કસ બિંદુએ પડતો નથી, પરંતુ નાના ક્ષેત્રફળ પર ફેલાય છે. આથી, આ ક્ષેત્રફળના કેન્દ્રને અવધિ માપવા ગણતરીમાં લેવું.
3. નોઝલ શક્ય એટલી નાની રાખવી જોઈએ, જેથી પાણીનો પાતળો પ્રવાહ મેળવી શકાય.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. પાણીનું દબાણ અને તેથી પાણીનો પ્રક્ષિપ્ત વેગ અચળના પણ રહે ખાસ કરીને જ્યારે પાઈપમાં લીકેજ હોય ત્યારે.
2. કોણમાપક પર કરેલું અંકન ચોક્કસ અથવા સમાન ન પણ હોય.

ચર્ચા

1. પ્રક્ષિપ્તકોણ 15° અને 75° એ અવધિ શા માટે સમાન મળે છે ?
2. મોટું કોણમાપક શા-માટે લેવામાં આવે છે ? આશરે 10 cm ત્રિજ્યાનું કોણમાપક શું હિતાવહ છે ? કેમ ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

1. આ પ્રવૃતિ માટે પાણીનો પ્રક્ષિપ્તવેગ અચળ રાખવા માટે દાખલ થતા પાણીનું દબાણ અચળ રાખવું જરૂરી છે. આવું કેવી રીતે મેળવશો ?
2. પ્રક્ષિપ્ત વેગની વધ-ઘટ સાથે અવધિ કેવી રીતે બદલાય ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. જુદા-જુદા પ્રક્ષિપ્તકોણ માટે પાણીના પ્રવાહ દ્વારા પ્રાપ્ત કરાયેલ મહત્તમ ઊંચાઈ કેવી રીતે બદલાય તેનો અભ્યાસ કરવો.
2. પાણીના સપ્લાયની ટાંકીની ઊંચાઈમાં ફેરફાર કરીને પ્રવાહની અવધિ કેવી રીતે બદલાય તેનો અભ્યાસ કરવો.
3. પ્લાસ્ટીકની નાની દડીઓ છોડતી રમકડાની બંદુક લો અને તેના ઉપયોગ કરી પ્રવૃતિનું પુનરાવર્તન કરો.
4. ઉપર મુજબ માપેલી અવધિની મહત્તમ કિંમતનો ઉપયોગ કરી પ્રક્ષિપ્ત વેગની ગણતરી કરો.

પ્રવૃત્તિ 6

હેતુ

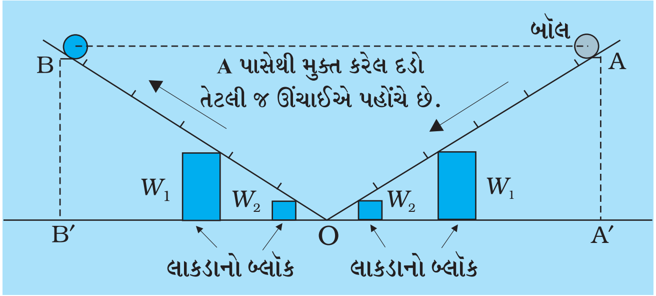
ઢોળાવવાળા સમતલ પરથી ગબડતા દડા માટે ઊર્જા સંરક્ષણનો અભ્યાસ કરવો. (બે ઢોળાવવાળા સમતલનો ઉપયોગ કરી.)

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

સખત સપાટી ધરાવતું બે ઢાળવાળું સમતલ (બે ઢાળવાળા સમતલ પર બોલની નિયંત્રિત ગતિ માટે એલ્યુમિનિયમ ચેનલ અથવા સ્ટીલના સળિયાઓનો ઉપયોગ કરી શકાય), 2.5 cm વ્યાસનો સ્ટીલનો ગોળો, લાકડાના બે બ્લૉક, સ્પિરિટ લેવલ, ટીસ્યુપેપર અથવા રૂ, અડધા મીટરની માપપટ્ટી.

સિદ્ધાંત

ઊર્જા સંરક્ષણના સિદ્ધાંત મુજબ 'ઊર્જા ઉત્પન્ન થતી નથી કે તેનો નાશ થતો નથી, માત્ર એક સ્વરૂપમાંથી બીજા સ્વરૂપમાં રૂપાંતર થાય છે.'



આકૃતિ A 6.1 **: બે ઢોળાવવાળી સપાટીનો ઉપયોગ કરી ઊર્જાસંરક્ષણનો અભ્યાસ કરવો**

યાંત્રિકતંત્ર માટે જેવાકે લીસા ઢોળાવવાળા સમતલ પરથી ગબડતા સ્ટીલના બૉલ (ગોળા) પાસે રહેલી ઊર્જા ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જા સ્વરૂપે હોય છે તથા સમગ્ર ગતિ દરમિયાન સતત તેમના એકબીજામાં રૂપાંતરણો થતા જાય છે. ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનો સરવાળો અચળ રહે છે, જો હવાના અવરોધ કે ઘર્ષણના કારણે ઊર્જાનો કોઈ વ્યય થતો ન હોય તો. આ પ્રયોગમાં ઊર્જા-સંરક્ષણ માટે બે ઢોળાવવાળા સમતલ પર ગબડતા (સરક્યા સિવાય) સ્ટીલના બૉલ (ગોળા)નું ઉદાહરણ લીધું છે. સ્ટીલનો ગોળો ઢોળાવવાળા સમતલ પરની સખત સપાટી પરથી ગબડતો (સરક્યા સિવાય) હોય એ ઓછા ઘર્ષણનું ઉદાહરણ છે. જ્યારે ગોળાને બિંદુ A (ઢોળાવવાળા સમતલ પર AO) પાસેથી મુક્ત કરવામાં આવે ત્યારે તે ઢાળ પર સરક્યા સિવાય ગબડીને, બીજી બાજુ OB પર મુક્ત કર્યો હોય એટલી ઊંચાઈ (h)એ પહોંચે છે. જો જમણી બાજુના સમતલના ઢાળનો ખૂણો બદલીએ તો પણ બૉલ (ગોળો) એ જ ઊંચાઈએ પહોંચે છે જ્યાંથી તેને મુક્ત કર્યો હતો.

જમણી બાજુના સમતલ પર જે બિંદુથી ગોળાને મુક્ત કરો તે બિંદુ A આગળ ગોળો માત્ર સ્થિતિ ઊર્જા ધરાવે છે. જે મુક્ત બિંદુની ઉર્ધ્વ ઊંચાઈ '*h*' નાં સમપ્રમાણમાં છે તથા ગતિઊર્જા શૂન્ય છે. બે ઢોળાવ વાળા સમતલ પર ગોળો ગબડીને નિમ્નબિંદુ 'O' પર પહોંચે ત્યારે તેની સ્થિતિ ઊર્જા સંપૂર્ણ પણે ગતિ ઊર્જામાં રૂપાંતર પામે છે ત્યાર બાદ ગોળો બીજા ઢોળાવવાળા સમતલ ઉપર તરફ ગબડી ને જાય છે. ડાબી બાજુનાં ઢોળાવ પર સમતલ 'B' પર ગોળો 'B' આગળ સ્થિર થાય છે અને ફરી તેની પાસે માત્ર સ્થિતિ ઊર્જા હોય છે તથા ગતિઊર્જા શૂન્ય થાય છે. યાંત્રિક ઊર્જા સંરક્ષણનો નિયમ બે ઉર્ધ્વ ઊંચાઈઓ AA′ અને BB′ ની સમાનતા દ્વારા ચકાસી શકાય છે.

પદ્ધતિ

1. પ્રયોગ માટેના ટેબલને સ્પિરિટની મદદથી સમક્ષિતિજ ગોઠવો.
2. સ્ટીલના ગોળા અને ઢોળાવવાળા સમતલને ટીસ્યુપેપર અથવા રૂ વડે બરાબર સાફ કરો કેમકે ધૂળ કે નાનો ડાઘ પણ ઘણું બધું ઘર્ષણ પેદા કરી શકે.
3. સમક્ષિતિજ ટેબલ પર સાફ કરેલું બે ઢાળ વાળું સમતલ ગોઠવો.

   નોંધ : ઘર્ષણ અને તેથી થતા ઊર્જાના વ્યયને લઘુત્તમ કરવા તૂટે નહિ તેવું બે ઢાળવાળા સમતલનું સાધન ડિઝાઈન કરો, જેમાં સ્ટીલનો ગોળો, સ્ટેનલેસ સ્ટીલના વાયરથી બનાવેલ ટ્રેક પર ગબડે. આવા ઢોળાવવાળા સમતલ સાથે અજમાયશમાં જોવામાં આવ્યું છે કે રોલિંગ ઘર્ષણ ખૂબ જ ઓછું હોય, જે આપણી પ્રવૃત્તિ માટે ખૂબ સારું છે. અત્યારે સ્કૂલોમાં વપરાતા સાધનની જેમ કેન્દ્ર આગળ Kink ઉત્પન્ન થતો નથી.
4. દરેક ઢાળવાળા સમતલની નીચે બિંદુ 'O'થી સરખા અંતરે લાકડાના બ્લૉક W_1 અને W_2 મૂકો. બંને સમતલનો ઢોળાવ લગભગ સરખો હોય છે. આકૃતિ A 6.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ઢોળાવવાળું સમતલ સમક્ષિતિજ ટેબલ પર સ્થિર હોવું જોઈએ નહિ તો તેની હલચલના લીધે ઊર્જાનો વ્યય થઈ શકે.
5. ઢોળાવવાળા સમતલની કોઈ પણ બાજુએ બિંદુ A લઈ સ્ટીલના ગોળાને મુક્ત કરો.
6. ટેબલથી બિંદુ 'A' ની ઉર્ધ્વ ઊંચાઈ AA′ (x) મીટરપટ્ટીનો ઉપયોગ કરી માપો.
7. બીજી બાજુ ઢોળાવવાળા સમતલ પર ગોળો પહોચે તે બિંદુ ને B માર્ક અને ટેબલથી ઉર્ધ્વ ઉંચાઈ BB′(y) શોધો. (આકૃતિ A 6.1).અવલોકનો નોંધો. ઢોળાવવાળા સમતલની બીજી બાજુએ જ્યારે સ્ટીલનો ગોળો મહત્તમ ઊંચાઈએ પહોંચે ત્યારે અવલોકનકર્તાએ ખૂબ જ ધ્યાનપૂર્વક તરત જ અવલોકન લેવું જોઈએ, કેમકે ગોળો ત્યાં માત્ર ક્ષણ પૂરતો જ રહેશે.
8. બે સમતલની નીચે મૂકેલા લાકડાનાં બે બ્લૉક W_1 અને W_2 માંથી કોઈ એક ને કેન્દ્ર 'O' તરફ સહેજ ખસેડો. હવે કોઈ એક સમતલનો ઢાળ બીજા કરતાં મોટો થશે.
9. ગોળાને ફરીથી કોઈ એક સમતલના બિંદુ A પરથી મુક્ત કરો અને તે ગબડીને બીજી બાજુ જ્યાં સુધી પહોંચે તેને બિંદુ B નિશાની કરો.

10. ઢોળાવવાળા સમતલના ઢાળના વધુ એક ખૂણા માટે પદ 8 અને 9 નું પુનરાવર્તન કરો.

11. આ જ ઢોળાવવાળા સમતલના કોઈ બીજા બિંદુ માટે અવલોકનો નું પુનરાવર્તન કરો.

અવલોકનો

કોષ્ટક A 6.1 :

ક્રમ નં.	ગોળાને જ્યાંથી મુક્ત કર્યો છે તે ઢોળાવવાળા સમતલનું અવલોકન		ઢોળાવવાળા સમતલ કે જેમાં ગોળા ઉર્ધ્વ દિશામાં ગબડે છે તેનું અવલોકન			તફાવત $(x - y)$
	નિશાન 'A' ની સ્થિતિ	ઉર્ધ્વ ઊંચાઈ AA′ x (cm)	ગોળા જ્યાં સુધી ઉપર જાય તે સ્થિતિનું અવલોકન	ઉર્ધ્વ ઊંચાઈ y (cm)	સરેરાશ y (cm)	
1			B =			
2			C =			
3			D =			
1			B =			
2			C =			
3			D =			

પરિણામ

એવું જોવા મળે છે કે જ્યાં સુધી ગોળો ઉપર જાય છે, ત્યાં સુધી પ્રારંભિક ઉર્ધ્વ ઊંચાઈ અને અંતિમ ઉર્ધ્વ ઊંચાઈ લગભગ સમાન હોય છે. આથી ગબડતા સ્ટીલના ગોળા માટે પ્રારંભિક અને અંતિમ સ્થિતિઊર્જાઓ સમાન છે. જો કે સમગ્ર ગતિ દરમિયાન ઊર્જાના સ્વરૂપો બદલાતા રહે છે. આથી, કુલ યાંત્રિક ઊર્જા (ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનો સરવાળો) અચળ રહે છે. જે ઊર્જા સંરક્ષણના નિયમની ચકાસણી છે.

સાવચેતીઓ

1. ઢોળાવવાળા સમતલ અને સ્ટીલના ગોળાઓને રૂ અથવા ટીસ્યુપેપર વડે યોગ્ય રીતે સાફ કરવા જોઈએ.
2. ઢોળાવવાળા સમતલના બંને ભાગો એક જ ઉર્ધ્વતલમાં હોવા જોઈએ.
3. ગોળાના રોલિંગ વખતે બંને સમતલો સ્થિર હોવા જોઈએ અને ગોળાના ગબડવાને કારણે કોઈ પણ પ્રકારની હલચલ થવી જોઈએ નહિ.
4. ગોળો જ્યારે બીજા સમતલમાં ઉપર ચઢતો હોય અને મહત્તમ બિંદુએ પહોંચે ત્યારે ખૂબ જ ઝડપથી અને કાળજીપૂર્વક અવલોકન લઈ લેવું.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. હંમેશા થોડીક ઊર્જા ઘર્ષણના કારણે વ્યય થાય જ છે.
2. બંને સમતલો જ્યાં મળતા હોય ત્યાં જંક્શન પાસે સતતતાના અભાવે, ગબડતો ગોળો બીજા સમતલ સાથે અથડામણ અનુભવે છે જેના કારણે થોડીક ઊર્જાનો વ્યય થાય છે.

ચર્ચા

1. જો ઊર્જા સંરક્ષણના નિયમને બરાબર ચકાસવો હોય તો સ્ટીલના ગોળા અને ઢોળાવવાળા સમતલનાં તંત્રમાં રોલિંગ ઘર્ષણ શક્ય એટલું ઓછું હોવું જોઈએ. આથી, ગોળા અને સમતલની સપાટીઓ લીસી, સ્વચ્છ અને ભેજરહિત હોવી જોઈએ.
2. ઘર્ષણના કારણે વ્યય થતી ઊર્જા ઘટાડવી હોય તો સ્ટીલના ગોળા અને ઢોળાવવાળા સમતલનો પરસ્પર સંપર્ક ક્ષેત્રફળ શક્ય એટલું ઓછું કરવું જોઈએ. આથી, પૉલીસ કરેલી ઍલ્યુમિનિયમની ચેનલનો ઉપયોગ કરી ઢોળાવવાળો પથ બનાવવો વધારે હિતાવહ છે.
3. ઢાળવાળા સમતલની સપાટી સખત અને લીસી હોય તો ઘર્ષણની ભૂમિકા લઘુત્તમ રહે છે.
4. જેમ સમતલનો ઢાળ વધારે, તેમ ઊર્જાનો વ્યય વધારે (કેવી રીતે ?) આથી, સમતલનો ઢાળ નાનો રાખવો જોઈએ.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. શું આ પ્રવૃત્તિને નાના વ્યાસવાળા સ્ટીલના ગોળાનો ઉપયોગ કરી સફળતાપૂર્વક કરી શકાય ?
2. જો ગોળો બીજી તરફના સમતલમાં એ જ ઊંચાઈએ (જ્યાંથી મુક્ત કર્યો હતો) ન પહોંચે તે કિસ્સામા તમારા અવલોકન વિશે ટીપ્પણી કરો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. ઢાળવાળા સમતલ પરથી સરક્યા સિવાય ગબડતા ગોળા માટે તેના દ્રવ્યમાન અને કદની શું અસર થાય ? તેનો અભ્યાસ કરો.
2. રોલિંગ ઘર્ષણાંક પર સમતલના ઢાળની શું અસર થાય ? તેનો અભ્યાસ કરો

પ્રવૃત્તિ 7

હેતુ

સમય સાથે સાદા લોલકની ઊર્જાના વ્યયનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

હુક લગાડેલ ધાતુનો ભારે ગોળો, દૃઢ આધાર, પાતળો લાંબો અને મજબૂત દોરો (1.5 mથી 2 m), મીટરપટ્ટી, વજનતુલા, કાગળ, રૂ, સેલોકેન શીટ (કાગળ જેવો પારદર્શક પદાર્થ)

સિદ્ધાંત

જ્યારે સાદું લોલક સરળ આવર્તગતિ કરે ત્યારે પુનઃ સ્થાપકબળ F નીચેના સૂત્ર વડે અપાય

(A 7.1) $$F\,(t) = -k\,x(t)$$

જ્યાં $x\,(t)$ એ 't' સમયે સ્થાનાંતર છે અને $k = mg/L$, સંજ્ઞાઓ k, m, g, L,

પ્રયોગ E 6માં સમજાવેલ છે,

(A 7.2) સ્થાનાંતર, $x\,(t) = A_0 \cos\,(\omega t - \theta)$

જ્યાં ω = કોણીય આવૃત્તિ અને θ = અચળ, A_0 એ દરેક દોલનમાં થતું મહત્તમ સ્થાનાંતર છે જેને કંપવિસ્તાર કહે છે. લોલકની કુલ ઊર્જા,

(A 7.3) $$E_0 = \frac{1}{2}\,k\,A_0^{\,2}$$

આદર્શ લોલકની કુલ ઊર્જા અચળ રહે છે કારણ કે તેનો કંપવિસ્તાર અચળ હોય છે.

પરંતુ, વાસ્તવમાં લોલકનો કંપવિસ્તાર ક્યારેય અચળ રહેતો નથી. તે સમયની સાથે ઘણા કારણોસર જેવા કે, હવાનું ખેંચાણ, દોરીમાં દૃઢતાનો અભાવ અથવા જ્યાંથી તેને લટકાવ્યું છે તે બિંદુએ લાગતું ઘર્ષણ વગેરેના કારણે ઘટતો જાય છે. આમ, દરેક દોલન વખતે કંપવિસ્તાર A_0 સમય સાથે ઘટતો જાય છે. કંપવિસ્તાર સમયનું વિધેય બને છે જે નીચે મુજબ આપી શકાય :

(A 7.4) $$A\,(t) = A_0 e^{-\lambda t/2}$$

જ્યાં A_0 પ્રારંભિક કંપવિસ્તાર છે અને L એ અચળાંક છે જે ગોળાના દ્રવ્યમાન અને

અવમંદન પર આધાર રાખે છે. ‘t’ સમયે લોલકની કુલ ઊર્જા

$$E(t) = \frac{1}{2} k A^2(t)$$

$$= E_0 e^{-\lambda t} \qquad \text{(A 7.5)}$$

એટલે કે સમય સાથે ઊર્જા ઘટે છે કારણ કે થોડીક ઊર્જા પરિસરમાં ગુમાવાય છે.

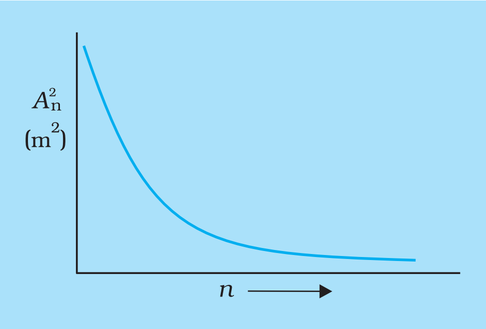
અવમંદિત દોલકની આવૃત્તિ કંપવિસ્તાર પર બહુ આધાર રાખતી નથી. આથી સમય માપવાના સ્થાને આપણે દોલનોની સંખ્યા (n) પણ માપી શકીએ. ‘n’ દોલનોના અંતે $t = n$T જ્યાં T = આવર્તકાળ. પછી સમીકરણ (A 7.5)ને આ રીતે લખી શકાય $E_n = E_0 e^{-\alpha n}$ (A 7.6)

જ્યાં $\alpha = \lambda t$

E_n એ ‘n’ દોલનોના અંતે દોલકની ઊર્જા છે.

પદ્ધતિ

1. લોલકના ગોળાનું દ્રવ્યમાન શોધો.
2. પ્રયોગ E 6ના પદ 1થી 5 નું પુનરાવર્તન કરો.
3. લોલકની નીચે તેના દોલનના સમતલમાં રહે તેમ મીટરપટ્ટી ગોઠવો, શૂન્યનું નિશાન સ્થિર લોલકના ગોળાની બરાબર સહેજ નીચે રહેવું જોઈએ.
4. જ્યારે લોલક, દોલન કરે ત્યારે, તમારે મીટરપટ્ટી પર ગોળાના મહત્તમ સ્થાનાંતરનું બિંદુ નોંધવાનું છે. 0.5 cm સુધી જ અવલોકન લો, mmના માપક્રમની ચિંતા ન કરો.
5. લોલકના ગોળાને 15 cm ના નિશાન સુધી ખેંચો. આથી, $n = 0$ માટે પ્રારંભિક કંપવિસ્તાર A_0 = 15 cm થાય. હળવેકથી ગોળાને છોડી દોલન શરૂ કરાવો.
6. ગોળો કોઈ એક બાજુએ, મહત્તમ સ્થાનાંતર કરે તે પ્રમાણે દોલનોની સંખ્યા ગણો.
7. ‘n’ દોલનોના અંતે, કંપવિસ્તાર A_n નોંધો. n = 5, 10, 15 આમ પાંચ-પાંચ દોલનો વધારતાં જાવો. તમે દરેક 10 દોલનોના અંતે પણ A_n નોંધી શકો છો.
8. A_n^2 વિરુદ્ધ nનો આલેખ દોરી તેનું અર્થઘટન કરો. (આકૃતિ A 7.1).
9. ગોળાની નીચે રૂ ને અથવા પેપરની પટ્ટી ચોંટાડી અવમંદન વધારીને પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો.



આકૃતિ A 7.1 : સાદા લોલક માટે A_n^2 વિરુદ્ધ *n*નો આલેખ

અવલોકનો

તુલાનું લઘુત્તમ માપ = ... g

માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... cm

લોલકના ગોળાનું દ્રવ્યમાન m = ... g

લોલકના ગોળાની (આપેલ) ત્રિજ્યા (r) = ... cm

લોલકની અસરકારક લંબાઈ (જ્યાંથી લટકાવ્યું છે તે બિંદુથી ગોળાની ટોચ સુધી), L = ... cm

બળઅચળાંક, $k = mg/L$ = ... Nm^{-1}

દોલનનો પ્રારંભિક કંપવિસ્તાર, A_0 = ... cm

પ્રારંભિક ઊર્જા, $E_0 = \frac{1}{2}(k A_0^2)$ = ... J

કોષ્ટક A 7.1 : સમય સાથે કંપવિસ્તારનો ઘટાડો તથા સાદા લોલકની ઊર્જાનો વ્યય

ક્રમ નં	કંપવિસ્તાર A_n (cm)	દોલનોની સંખ્યા, *n*	A_n^2	દોલકની ઊર્જા E_n (J)	ઊર્જાનો વ્યય $(E_n - E_0)$ (J)
1					
2					
3					
4					

પરિણામ

આલેખ પરથી તારવી શકાય કે સાદા લોલકની ઊર્જા સમય સાથે વ્યય થાય છે.

સાવચેતીઓ

1. પ્રયોગને પ્રયોગશાળામાં એવી જગ્યાએ કરવો જોઈએ કે જ્યાં હવાનો પ્રવાહ ખૂબ ઓછો હોય.
2. કંપવિસ્તારનું અવલોકન લેતાં પહેલાં, દોલકને ઓછામાં ઓછું બે વખત દોલવા દો, જેથી ખાતરી થઈ જાય કે દોલક એ જ સમતલમાં દોલન કરે છે.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. પ્રયોગશાળામાં હંમેશાં હવાની થોડી અવરજવર હોય છે.
2. કંપવિસ્તારનું ચોકસાઈભર્યું માપન મુશ્કેલ છે.

ચર્ચા

1. સાદા લોલકના સમય સાથે ઊર્જાના વ્યયમાં $A - n$ અને $A^2 - n$ પૈકી તમે કયા આલેખનો અભ્યાસ કરવાનું પસંદ કરશો ? શા માટે ?
2. (a) ગોળાના કદ (b) ગોળાના દ્રવ્યમાન અને (c) લોલકની લંબાઈ સાથે દોલનનો કંપવિસ્તાર સમય સાથે કેવી રીતે બદલાય છે ?

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. A^2 અને n ની વચ્ચેનો તમે દોરેલા આલેખનું અર્થઘટન કરો.
2. સમય સાથે દોલનોનો કંપવિસ્તાર કેવી રીતે બદલાય છે, તે તપાસો.
3. સાદા લોલકની ઊર્જાનો સમય સાથે ફેરફારના સ્વરૂપમાં દોલનોના કંપવિસ્તારનો સમય સાથે ઘટાડો શું દર્શાવે છે ?
4. A અને n વચ્ચેનો આલેખ, A^2 અને n વચ્ચેના આલેખ કરતાં કઈ રીતે જુદો પડે છે ?
5. (a) નાના અવમંદિત દોલનો માટે
   (b) મોટા અવમંદિત દોલનો માટે $A^2 - n$ ના દોરેલા આલેખ સરખાવો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

5 cm વ્યાસનો પ્લાસ્ટીકનો દડો લઈ તેના વ્યાસ પર બે કાણાં કરો, તેમાં રેતી ભરો. આવા રેતી ભરેલા દડાનો ઉપયોગ કરી 100 cm લંબાઈનું લોલક બનાવો. લોલકને દોલન આપી, તેમાંથી રેતને પડવા દો. લોલકના કંપવિસ્તારનો ઘટવાનો દર શોધો. તેને જ્યારે ગોળાનું દ્રવ્યમાન અચળ હોય તે કિસ્સા સાથે સરખાવો.

પ્રવૃત્તિ 8

હેતુ

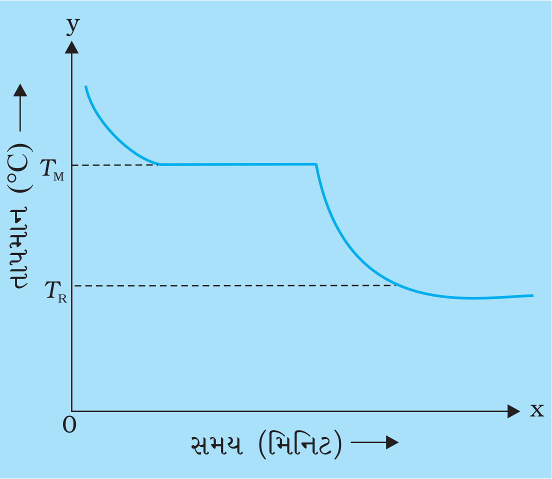
પીગળેલા મીણ માટે અવસ્થાનો ફેરફારનો અભ્યાસ કરી, શીત-વક્ર દોરવા

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

500 mL નું બીકર, ત્રિપગુ સ્ટેન્ડ, તારની જાળી, ક્લૅમ્પ સ્ટેન્ડ, સખત કાચની, ઉત્કલન નળી, 0.5 °C લઘુત્તમ માપ વાળું સેલ્સિયસ થર્મોમીટર, સ્ટોપ વૉચ/સ્ટોપ ક્લોક, બર્નર, પેરાફિન મીણ, ઉત્કલન નળીમાં ફિટ કરવા કાણું પાડેલ બૂચ કે જે થર્મોમીટરને ઉર્ધ્વ રાખી શકે.

સિદ્ધાંત

દ્રવ્યના ત્રણ સ્વરૂપો છે : ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ. ઘન પદાર્થને ગરમ કરતાં તેનું તાપમાન વધે છે અને વિસ્તરણ થાય છે. તેને વધુ ગરમ કરતા તેની અવસ્થા બદલાય છે. ઘનમાંથી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રૂપાંતર થવાની પ્રક્રિયાને ગલન કહે છે. જે તાપમાને આ રૂપાંતર થાય, તે તાપમાનને ગલનબિંદુ કહે છે. આખા ઘન પદાર્થના સંદર્ભમાં ગલનની પ્રક્રિયા તરત જ થતી નથી. ઘન-પ્રવાહી સંયુક્ત અવસ્થાનું તાપમાન જ્યાં સુધી સમગ્ર ઘન, પ્રવાહીમાં રૂપાંતર ના થાય ત્યાં સુધી અચળ રહે છે. ગલનની પ્રક્રિયા માટેનો સમય ઘન પદાર્થના દ્રવ્યમાન અને તેના પ્રકાર પર આધાર રાખે છે. ગલનબિંદુ જેટલું જ તાપમાન નીચું લઈ જઈ પ્રવાહીને ઠંડુ પાડતાં તે ઘન અવસ્થામાં ફેરવાય છે. આ કિસ્સામાં પણ પ્રવાહી ઘન સંયુક્ત અવસ્થાનું તાપમાન જ્યાં સુધી સમગ્ર પ્રવાહી, ઘનમાં રૂપાંતર ના થાય ત્યાં સુધી અચળ રહે છે.

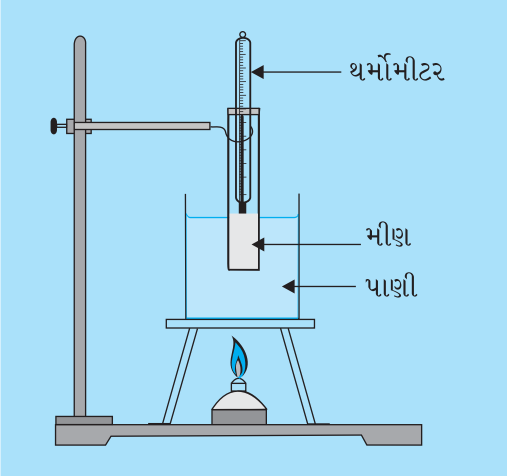


આકૃતિ A 8.1 : શીતવક્ર

પેરાફીન મીણ રોજબરોજના જીવનમાં ખૂબ જ વપરાય છે. શીતવક્ર દોરીને મીણનું ગલનબિંદુ નક્કી કરી શકાય. પીગળેલા મીણનું સરખા સમયગાળા ના અંતરે તાપમાન નોંધવામાં આવે છે. શરૂઆતમાં મીણનું તાપમાન સમય સાથે ઘટે છે, ત્યારબાદ T_M પાસે અચળ બને છે (જ્યારે ઘનીકરણ થાય ત્યારનું ગલનબિંદુ છે). હજી વધારે ઠંડો પાડવામાં આવે ત્યારે ઘન મીણનું તાપમાન ઓરડાના તાપમાને ઘટે છે, જે આકૃતિ A 8.1માં T_R વડે દર્શાવેલ છે.

પદ્ધતિ :

1. થર્મોમીટરનું લઘુત્તમ માપ અને અવધિ નોંધો.
2. સ્ટૉપ ક્લૉકનું લઘુત્તમ માપ નોંધો.
3. ઓરડાનું તાપમાન નોંધો.
4. આકૃતિ A 8.2 માં દર્શાવ્યા મુજબ ત્રિપગા સ્ટેન્ડ, બર્નર અને ગરમ કરવાની વ્યવસ્થા ગોઠવો.
5. ઉત્કલન નળી અને થર્મોમીટરને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી અંકિત કરેલા કાપાઓ વાંચી શકાય.
6. પાણીને ગરમ કરો અને મીણની અવસ્થાનું અવલોકન કરો, જ્યાં સુધી મીણ સંપૂર્ણ પીગળી ના જાય ત્યાં સુધી ગરમ કરતાં જાવ અને અંદાજિત ગલનબિંદુ નોંધો.
7. મીણને પાણીના બાથમાં ત્યાં સુધી ગરમ કરતા જાવ જ્યાં સુધી તાપમાન પદ 6માં મળેલ અંદાજિત ગલનબિંદુ કરતાં 20 °C ઉપર આવે.



આકૃતિ A 8.2 : પ્રાયોગિક ગોઠવણ

8. બર્નર બંધ કરો અને કાળજીપૂર્વક ક્લેમ્પને ઉપર કરો, ઉત્કલનનળીને પાણીના બાથમાંથી કાઢો.
9. દર બે મિનિટે તાપમાનના અવલોકનો નોંધો.
10. તાપમાનને Y-અક્ષ પર અને સમયને X-અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરો.
11. આલેખ પરથી
    (i) મીણનું ગલનબિંદુ નક્કી કરો.
    (ii) મીણની પ્રવાહી અવસ્થા/ઘન અવસ્થા માટેનો સમયગાળો નોંધો.

અવલોકનો

થર્મોમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... °C

થર્મોમીટરની અવધિ = ... °C થી ... °C

ઓરડાનું તાપમાન = ... °C

સ્ટૉપ ક્લૉકનું લઘુત્તમ માપ = ... s

કોષ્ટક A 8.1 : પીગળેલા મીણના તાપમાનનો સમય સાથેનો ફેરફાર

ક્રમ નં.	સમય (s)	તાપમાન °C
1		
2		
3		
4		

પરિણામ

પીગળેલા મીણનો શીતનવક્ર આલેખમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે છે. આલેખ પરથી (i) મીણનું ગલનબિંદુ ... °C અને (ii) મીણ ... s સમય માટે પ્રવાહી અવસ્થા અને ... s સમય માટે ઘન અવસ્થામાં રહે છે.

સાવચેતીઓ

1. મીણ સાથેની ઉત્કલન નળીને જ્યોત પર ક્યારેય સીધી ગરમ ન કરો.
2. સ્ટોપ ક્લૉક સાધનની જમણી બાજુએ રાખવી જોઈએ જેથી જોવામાં સરળતા રહે.
3. મીણને તેના ગલનબિંદુ કરતાં 20 °C થી વધારે ગરમ ન કરવી જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્ગમો

સમય અને તાપમાનનું એકસાથે માપન કરવાના કારણે કંઈક ત્રુટિ ઉદ્ભવી શકે છે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. આપણે મીણને શા માટે જ્યોત પર સીધું ગરમ ન કરવું જોઈએ ?
2. મીણને ગલન કરવા માટે અને તેને વધુ ગરમ કરવા માટે પાણીના બાથનો ઉપયોગ શા માટે કરવો જોઈએ ?
3. કયા મહત્તમ તાપમાન સુધી પીગળેલા મીણને પાણીના બાથમાં ગરમ કરી શકાય ?
4. શું આ પદ્ધતિ વડે પ્લાસ્ટીકનું ગલનબિંદુ નક્કી કરી શકાય ? તમારા જવાબનું કારણ આપો.
5. શું ગરમ પાણીના ઠંડા થવાની ક્રિયામાં વક્રનો આકાર મીણના કિસ્સા કરતાં જુદો હોય ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ :

1. બરફનું ગલનબિંદુ શોધો.
2. રંગહીન મીણમાં રંગ અથવા સુગંધ ઉમેરી તેના ગલનબિંદુ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરો. જુદા-જુદા પ્રમાણમાં મીણમાં રંગ/સુગંધ ઉમેરી તે પ્રમાણે તેના ગલનબિંદુમાં થતો ફેરફાર શોધો.

પ્રવૃત્તિ 9

હેતુ

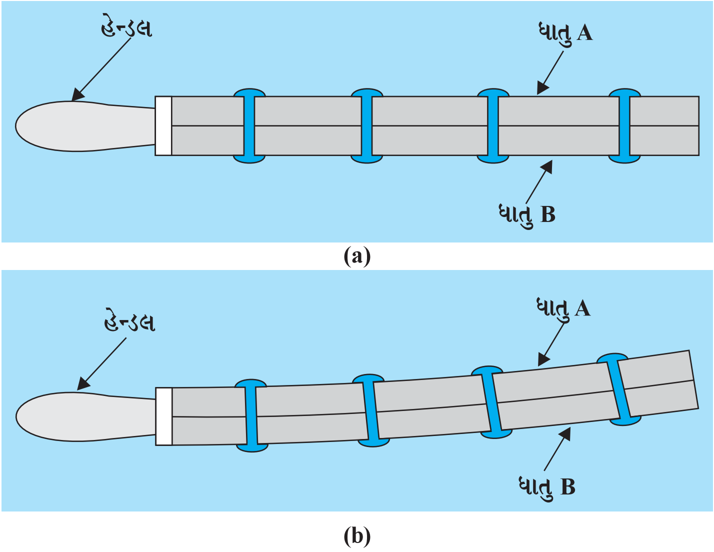
દ્વિ-ધાત્વીય (bi-metallic) પટ્ટી પર તાપમાનની અસરનું અવલોકન કરવું અને સમજાવવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

અવાહક (લાકડાના) હેન્ડલ સાથેની લોખંડ-પિત્તળની દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટી, હીટર/બર્નર.

સાધનનું વર્ણન

દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટી બે જુદી-જુદી ધાતુના સળિયા/પટ્ટીથી બનેલી હોય, જેના પરિમાણ સમાન હોય. ધાતુના આ સળિયા/પટ્ટીઓ (A અને B)ને લંબાઈને અનુરૂપ કસીને જોડેલા હોય છે. આ દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીના એક છેડે એક હેન્ડલ (લાકડાનું અવાહક) જોડેલ હોય છે. દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટી બનાવવામાં પસંદ કરેલી બે ધાતુના તાપમાનના રેખીય પ્રસરણાંકોના મૂલ્યોમાં મોટો તફાવત હોય છે.



આકૃતિ A 9.1 : **દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટી (a) સીધી (b) વળેલી અવસ્થામાં**

દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટી ઓરડાના તાપમાને (આકૃતિ A 9.1 (a))માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સીધી હોય છે. જ્યારે તેને ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે બંને ધાતુના જુદા-જુદા રેખીય તાપમાન પ્રસરણને લીધે તે (આકૃતિ A 9.1) પ્રમાણે વળી જાય છે.

સિદ્ધાંત

તાપમાનનું રેખીય પ્રસરણ એ, ગરમ કરવાથી સળિયાની લંબાઈમાં થતો ફેરફાર છે. જો L_1 અને L_2 ધાતુના સળિયાની t_1 °C અને t_2 °C તાપમાને લંબાઈઓ હોય તો (જ્યાં $t_2 > t_1$)

લંબાઈમાં થતો ફેરફાર $(L_2 - L_1)$ એ મૂળ લંબાઈ L_1 અને તાપમાનના વધારા $(t_2 - t_1)$ ના સમપ્રમાણમાં છે.

(A 9.1) આમ, $(L_2 - L_1) = \alpha L_1 (t_2 - t_1)$

(A 9.2) અથવા $L_2 = L_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$

(A 9.3) અને $\alpha = (L_2 - L_1) / L_1 (t_2 - t_1)$

જ્યાં α એ સળિયા માટે તાપમાનનો રેખીય પ્રસરણાંક છે.

તાપમાનનો રેખીય પ્રસરણાંક એટલે એકમ લંબાઈ ધરાવતા સળિયાનાં તાપમાનમાં એક અંશ જેટલો વધારો કરતા લંબાઈમાં થતો વધારો. તેનો SI એકમ K^{-1} છે.

પદ્ધતિ

1. બર્નરને સળગાવો અથવા હીટરની સ્વીચ ચાલુ કરો.
2. દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટી ને સમક્ષિતિજ સ્થિતિમાં રાખી અવાહક હેન્ડલ વડે પકડો અને બર્નર/હીટરની મદદથી ગરમ કરો. દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીની કઈ બાજુ ઉષ્માના સ્રોતના સીધા સંપર્કમાં છે તે નોંધો.
3. પટ્ટી પર તાપમાનની અસરનું અવલોકન કરો. હવે કાળજીપૂર્વક દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીનો મુક્ત છેડો ઉપર કે નીચેની તરફ (કઈ તરફ) વળે છે તે નોંધો.
4. ધાતુ A અને Bમાં કઈ અંતર્ગોળ બાજુએ અને કઈ બર્હિગોળ બાજુએ છે તે ઓળખો. બેમાંથી કઈ ધાતુનું તાપમાન પ્રસરણ વધુ છે તે જુઓ. (જે બહિર્ગોળ બાજુએ છે તેનું પ્રસરણ વધુ થાય જેથી તેનો રેખીય તાપમાન પ્રસરણાંક વધુ હોય).
5. દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીની ધાતુઓ A અને B ના તાપમાન રેખીય પ્રસરણાંકોની જ્ઞાત કિંમતો નોંધો તથા ચકાસો કે ધાતુ/દ્રવ્યના વળવાની દિશા (ઉપર કે નીચે) એ ઓછા રેખીય પ્રસરણાંક ધરાવતા ધાતુ/દ્રવ્યની તરફ છે કે નહિ.
6. દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીને ઉષ્માના સ્રોતથી દૂર લઈ જાઓ અને ઓરડાના તાપમાને તેને ઠંડુ થવા દો.
7. પદ 1થી 6નું, દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીના બીજા છેડે ઉષ્મા આપી, પુનરાવર્તન કરો અને દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીના વળવાની દિશાનું અવલોકન કરો. શું ફેરફાર છે ? જો હોય તો આગળના તબક્કા કરતાં કેવો ફેરફાર છે ?

પરિણામ

દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીનું ગરમ કરવાથી વળવું એ બે ધાતુના તાપમાનના રેખીય પ્રસરણાંકોના તફાવતના લીધે છે.

સાવચેતીઓ

બે સળિયાઓ અથવા પટ્ટીઓ તેમના છેડાઓથી પૂર્ણ રીતે જોડાયેલી હોવી જોઈએ.

ચર્ચા

દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીની વળવાની દિશા જે ધાતુના તાપમાનનો રેખીય પ્રસરણાંક ઓછો હશે તે તરફ હશે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. તમને સમાન પરિણામવાળા ધાતુ/દ્રવ્યના સળિયાઓ આપેલ છે. તેમના α નીચે મુજબ છે. તેની દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટી બનાવો.

   ઍલ્યુમિનિયમ ($\alpha = 23 \times 10^{-6}$ K^{-1}), નિકલ ($\alpha = 13 \times 10^{-6}$ K^{-1}), કૉપર ($\alpha = 17 \times 10^{-6}$ K^{-1}), ઈન્વાર ($\alpha = 0.9 \times 10^{-6}$ K^{-1}) (ઈન્વાર એ આયર્ન અને નિકલની મિશ્રધાતુ છે.), લોખંડ ($\alpha = 12 \times 10^{-6}$ K^{-1}), પિત્તળ ($\alpha = 18 \times 10^{-6}$ K^{-1}) કઈ બે ધાતુઓ/દ્રવ્યની જોડી બનાવવાની દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીના વળવાની (વંકન)ની ઘટના ખૂબ જ સારી રીતે સમજી શકાય.

2. દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીના વંકન પર ખૂબ ઊંચા તાપમાને ગરમ કરવાથી શું અસર થાય ?
3. એવા થોડાક સાધનોના નામ આપો કે જેમાં દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીનો થર્મોસ્ટેટ તરીકે ઉપયોગ થાય છે.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ :

ફાયર ઍલાર્મ સરકીટની ડીઝાઈન દ્વિ-ધાત્વીય પટ્ટીનો ઉપયોગ કરી બનાવો.

પ્રવૃત્તિ 10

હેતુ

પાત્રમાં રહેલા પ્રવાહીની સપાટીની ઊંચાઈ (level) પર તાપમાનની અસરનો અભ્યાસ કરવો અને અવલોકનોનું અર્થઘટન કરવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

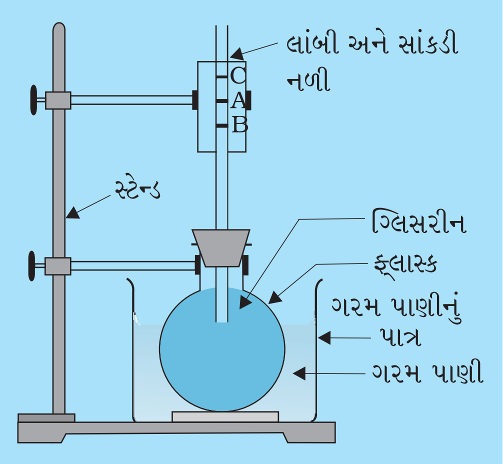
500 mL ની ક્ષમતાવાળો ગોળાકાર તળિયાનો ફ્લાસ્ક, 20 cm લંબાઈની સાંકડી ટ્યુબ(નળી) કે જેનો આંતરિક વ્યાસ 2 mm હોય, રબરનો બૂચ, ગ્લિસરીન, ગરમ પાણી, ફ્લાસ્કને પકડી રાખતું સ્ટેન્ડ, આલેખપત્રની પટ્ટી, થર્મોમીટર.

સિદ્ધાંત

પ્રવાહી ભરેલા પાત્રમાંના પ્રવાહીને ગરમ કરતાં પ્રવાહી અને પાત્ર બંનેનું પ્રસરણ થાય છે. આમ, પ્રવાહીનું અવલોકીત પ્રસરણ એ આભાસી પ્રસરણ છે. એટલે કે (પ્રવાહીનું પ્રસરણ) – (પાત્રનું પ્રસરણ) કરવાથી પ્રવાહીનું વાસ્તવિક પ્રસરણ જાણવા મળે છે. આપણે પાત્રના પ્રસરણને ગણતરીમાં લેવું જ જોઈએ. આમ, વાસ્તવિક પ્રસરણ = પ્રવાહીનું આભાસી પ્રસરણ + પાત્રનું પ્રસરણ

પદ્ધતિ

1. ફ્લાસ્કનો ગોળાકાર ભાગ ગ્લિસરીનથી ભરો અને તેના મુખને રબરના બૂચ વડે હવાચુસ્ત બંધ કરો. બૂચમાંથી લાંબી અને સાંકડી નળી પસાર કરો. ગ્લિસરીન નળીમાં ઉપર જશે. ગ્લિસરીનના લેવલને ‘A’ માર્ક કરો. આકૃતિ A 10.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સાધનની ગોઠવણી કરો.
2. ફ્લાસ્કને ગરમ પાણી ભરેલ પાત્રમાં મૂકો તથા તેને પકડી શકાય તે માટે દર્શાવ્યા પ્રમાણે સ્ટેન્ડ ગોઠવો.



આકૃતિ A 10.1 : પ્રવાહીનું પ્રસરણ (ગ્લિસરીન)

અવલોકનો

જ્યારે ફ્લાસ્કને ગરમ પાણી ભરેલા બીકરમાં ડુબાડવામાં આવે ત્યારે ગ્લિસરીનનું લેવલ નળીમાં પહેલા ‘B’ બિંદુ સુધી નીચું જાય છે, પછી ‘C’ બિંદુ સુધી ઉપર વધે છે.

ચર્ચા

જ્યારે ફ્લાસ્ક ગરમ પાણીના સંપર્કમાં આવે ત્યારે તેના પ્રસરણના કારણે લેવલ Aથી B જાય છે, જે ફ્લાસ્ક (પાત્ર)નું પ્રસરણ દર્શાવે છે. થોડા સમય પછી ગ્લિસરીન ગરમ થતાં તેનું પ્રસરણ થાય છે. અંતે ગ્લિસરીનનું લેવલ ‘C’ પાસે સ્થિર થાય છે. આમ, ગ્લિસરીનનું પ્રસરણ BC વાસ્તવિક પ્રસરણ છે અને AC આભાસી પ્રસરણ છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

ફ્લાસ્કમાંના પાણીને એક વાર 25 °Cથી 45 °C સુધી ગરમ કરો અને બીજીવાર 50 °C થી 70 °C સુધી ગરમ કરો. ચકાસો કે બંને કિસ્સામાં આભાસી અને વાસ્તવિક પ્રસરણ શું સમાન છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

એક કાચનું અને સ્ટીલનું સરખા આકાર અને પરિમાણવાળા પાત્રો લઈ તેમાં સરખા કદનું પાણી ભરો. બંનેને થર્મોકૉલની શીટ વડે બંધ કરો અને દરેકમાં સાંકડા વેહવાળી નળી દાખલ કરો. બંનેને 25 °C થી 50 °C સુધી ગરમ કરો અને બંને કિસ્સામાં આભાસી અને વાસ્તવિક પ્રસરણનો અભ્યાસ કરો. શું તેઓ સમાન છે ? તમારા જવાબનું કારણ આપો.

પ્રવૃત્તિ 11

હેતુ

પાણીના પૃષ્ઠતાણ પર ડીટર્જન્ટની અસરનો અભ્યાસ કેશાકર્ષણની મદદથી કરવો.

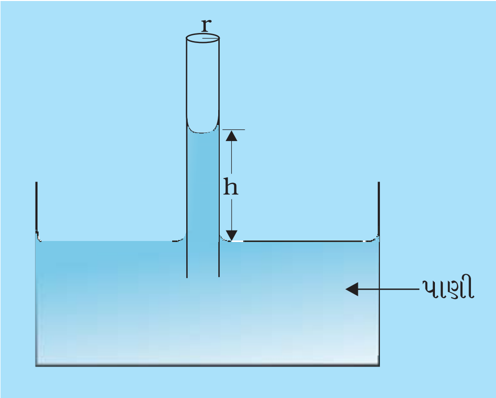
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

કેશનળી, 250 mL નું બીકર, થોડીક માત્રામાં ડીટર્જન્ટ (ઘન કે પ્રવાહી), 15/30 cmની પ્લાસ્ટિકની માપપટ્ટી, રબરબેન્ડ, ક્લેમ્પ સાથેનું સ્ટેન્ડ અને પાણી.

સિદ્ધાંત

સપાટી પર લાગેલા ડાઘ, ગ્રીસ કે ધબ્બા દૂર કરવા વપરાતા પદાર્થને ડીટર્જન્ટ કહે છે. તેમને જ્યારે પાણીમાં નાંખવામાં આવે ત્યારે વધારાના આંતરઆણ્વીય બળક્રિયાને કારણે પૃષ્ઠતાણને ઓછું કરે છે.

પૃષ્ઠતાણનું ડીટર્જન્ટ ઉમેરવાથી ઓછું થવું એ કેશાકર્ષણથી અવલોકી શકાય છે.



આકૃતિ A 11.1 :કેશનળીમાં પ્રવાહીનું ઉર્ધ્વગમન (ઊંચે ચઢવું)

પાણી ભરેલા પાત્રમાં '*r*' ત્રિજ્યાની કેશનળી ઊભી મૂકેલ છે, જેમાં '*h*' ઊંચાઈ સુધી ઉપર જતા પાણીને દર્શાવેલ છે (આકૃતિ A 11.1)

$$h = \frac{2S\cos\theta}{\rho g r}$$

અથવા

$$S = \frac{h\rho g r}{2\cos\theta}$$

જ્યાં S = પાણીનું પૃષ્ઠતાણ, θ = સંપર્કકોણ, ρ = પાણીની ઘનતા, g = ગુરુત્વપ્રવેગ. ચોખ્ખા પ્રવાહી માટે અને ચોખ્ખી કેશનળી માટે $\theta \approx 8°$ અથવા cos $\theta \approx 1$ આમ,

$$S = \frac{1}{2}h\rho g r$$

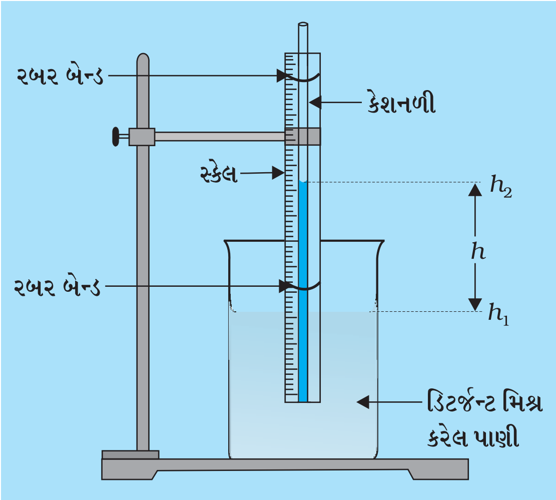
આ પરિણામનો ઉપયોગ કરી, પાણીમાં જુદા-જુદા ડીટર્જન્ટનાં દ્રાવણ (ક્લીક)નું પૃષ્ઠતાણ સરખાવી શકાય. ચોખ્ખા પ્રવાહી (પાણી) કરતાં ડીટર્જન્ટયુક્ત પાણીમાં કેશાકર્ષણ (અથવા પૃષ્ઠતાણ) ઓછું હોય છે. જો ડીટર્જન્ટનું પ્રમાણ વધારીએ તો કેશાકર્ષણનું પ્રમાણ ઓછું થાય છે.

જે ડીટર્જન્ટ માટે કેશાકર્ષણ સૌથી ન્યૂનતમ હોય (અથવા પાણીનું પૃષ્ઠતાણ સૌથી વધુ ઘટાડે) તે ડીટર્જન્ટની સાફ કરવાની ક્ષમતા વધારે હોય છે તેમ કહેવાય.

પદ્ધતિ

1. નિયમિત વેહવાળી એક કેશનળી લો, તેને શુદ્ધ પાણી વડે વીંછળીને સાફ કરો. બીકરને પણ વીંછળીને સાફ કરો. અડધા બીકર સુધી પાણી ભરો. ખાતરી કરો કે કેશનળી સૂકી અને ગ્રીસ (ડાઘ)થી મુક્ત હોય તથા ચકાસો કે કેશનળી ખુલ્લી હોય.
2. પ્લાસ્ટિકની માપપટ્ટીને અને કેશનળીને એકબીજા સાથે રબરબેન્ડથી જડો.
3. ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડની મદદથી કેશનળી અને માપપટ્ટીને સીધી સ્થિતિમાં રાખો.
4. માપપટ્ટીના નીચેના છેડેથી અડધું ભરેલું બીકર મૂકો, માપપટ્ટીને ધીમે-ધીમે નીચે કરતાં જાવ, જ્યાં સુધી તેનો નીચેનો છેડો પાણી ભરેલા બીકરની અંદર ડૂબે. (આકૃતિ A 11.2).
5. પાણીના લેવલની કેશનળીની અંદર અને કેશનળીની બહાર, સ્થિતિઓ નોંધો. ધારો કે આ સ્થિતિઓ અનુક્રમે h_2 અને h_1 છે. કેશનળીમાં પાણીની ઉંચાઈ $h = h_2 - h_1$ થશે.
6. સાદા પાણી વડે કેશનળીને વીંછળો અને સૂકી કરો.
7. થોડીક માત્રામાં ડીટર્જન્ટ લઈ તેના બીકરના પાણીમાં મિશ્ર કરો.
8. ડિટર્જન્ટના દ્રાવણ વડે પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને ફરીથી કેશાકર્ષણ શોધો. જેને *h'* કહો.

નોંધ : દ્રાવણમાં ડિટર્જન્ટની સાંદ્રતા વધુ નહી રાખવી. નહિ તો દ્રાવણની ઘનતા પાણીની ઘનતા કરતાં દેખીતી રીતે બદલાશે તથા કાચની સપાટી અને દ્રાવણ વચ્ચેનો સંપર્કકોણ પર દેખીતી રીતે બદલાશે.



આકૃતિ A 11.2 **:ડીટર્જન્ટ મિશ્ર કરેલ પાણી માટે કેશનળીમાં ઉર્ધ્વગમન**

અવલોકનો

કેશનળીમાં પાણીની વધેલી ઊંચાઈ h = ... cm

કેશનળીમાં ડીટર્જન્ટ દ્રાવણની વધેલી ઊંચાઈ h' = ... cm

પરિણામ

ડીટર્જન્ટના દ્રાવણની કેશનળીમાં ઊંચાઈનો વધારો h' એ પાણીની કેશનળીમાં ઊંચાઈનો વધારો h કરતાં ઓછી છે.

સાવચેતીઓ

1. સાફ કર્યા બાદ બીકરની અંદરની સપાટી તથા કેશનળીનો જે ભાગ બીકરમાં ડૂબાડેલો છે, તેને હાથથી સ્પર્શ કરવો નહિ. હાથ વડે દ્રાવણ દૂષિત થતું અટકાવવા આ જરૂરી છે.
2. કેશનળી બરાબર ભીંજાય તે માટે, પહેલાં પાણીમાં ડૂબાડો અને પછી ઉપર કરી, ક્લેમ્પ વડે જડો અથવા બીકરને પ્રથમ ઉપર કરો અને પછી નીચે લો.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. કેશનળીમાં રહેલ અશુદ્ધિઓ કે પાણીની સપાટી પર રહેલ અશુદ્ધિઓને સંપૂર્ણપણે દૂર કરી શકાતી નથી.
2. નળીનાં બંને છેડા અથવા એક છેડો બંધ હોય.

ચર્ચા

શું તમે એવું કોઈ દ્રવ્ય વિચારી શકો કે જે પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ વધારી શકે. જો હા હોય તો કયું ? [**Hint :** પોલીમેરીક દ્રવ્યો (કેટલાક) વડે પાણીનું પૃષ્ઠતાણ વધારી શકાય છે. આવા દ્રવ્યોને હાઇડ્રોફિલિક કહે છે. તેનો ઉપયોગ ઓછા પાવર વડે જમીનમાંથી તેલ (Oil) કાઢવા માટે થાય છે.]

પ્રવૃત્તિ 13

હેતુ

જડીત કરેલી માપપટ્ટી (cantilever) પર (i) અંત્યભાગમાં (ii) મધ્યભાગમાં વજન લટકાવવાથી થતા વંકનની અસરનો અભ્યાસ કરવો.

A. અંત્યભાગમાં લગાડેલ વજનથી માપપટ્ટીનું વંકન

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

માપપટ્ટી (અથવા આશરે 1m લંબાઈની લાકડાની જાડી પટ્ટી), દોરો, હેંગર સહિત ખાંચાવાળા વજનીયાં, સ્લોટ પાડેલા વજન (10 g, 20 g, 50 g, 100 g), વંકન માપવા માટે બીજી એક અંકિત કરેલી માપપટ્ટી, પીન, સૅલોટેપ, ક્લેમ્પ.

થીયરી

'L' લંબાઈના બાહુધરણ (cantilever)નો એક છેડો જડિત હોય અને બીજા મુક્ત છેડે દ્રવ્યમાન M (વજન Mg) લટકાવતાં થતું વંકન 'y'.

$$y = \frac{MgL^3}{3Y\left(bd^3/12\right)}$$

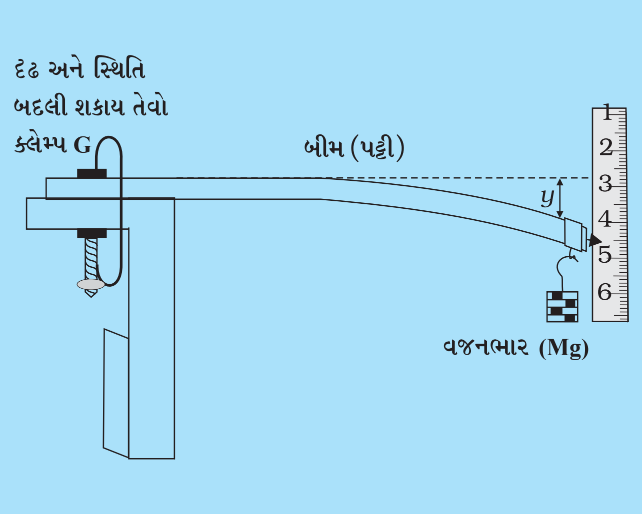
જ્યાં L, b, d અનુક્રમે લંબચોરસ cantileverની લંબાઈ, પહોળાઈ અને જાડાઈ છે તથા Y એ સળિયાના દ્રવ્યનો સ્થિતિસ્થાપક અંક (યંગ મૉડ્યુલસ) છે.

અથવા $y = \dfrac{4MgL^3}{Y\,bd^3}$

આપેલા કિસ્સામાં cantileverનું વંકન એક છેડે લટકાવેલ ભાગ અવરોધમાં ફેરફારના કારણે લેવામાં આવે છે. વંકનનો લોડ (વજન) સાથેનો ફેરફાર રેખીય અપેક્ષિત છે.

પદ્ધતિ

1. ટેબલની ધાર પાસે મીટરસ્કેલ, આકૃતિ A 13.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ક્લેમ્પ વડે જડીત કરો. ખાતરી કરો કે માપપટ્ટીની લંબાઈ અને પહોળાઈ સમક્ષિતિજ સમતલમાં રહે તથા માપપટ્ટીની લંબાઈના 90 cm જેટલો ભાગ બહાર રહે. મીટરપટ્ટીના મુક્ત છેડે, સેલોટેપ વડે પીન ચોંટાડો જે પોઇન્ટર તરીકે કામ કરે.



આકૃતિ A 13..1 : **કન્ટીલીવરના મુક્ત છેડા પર વજન લટકાવતા મીટર માપપટ્ટી (જેને કેન્ટીલીવર તરીકે ઉપયોગ કરીએ)ના વંકનનો અભ્યાસ કરવાની પ્રાયોગિક ગોઠવણ**

2. માપક્રમ અંકિત કરેલો અન્ય સ્કેલ શિરોલંબ દિશામાં જડિત મીટરપટ્ટીના મુક્ત છેડાની નજીક લગાવો તેનું લઘુત્તમ માપ માપો. પોઈન્ટર આ અંકિત માપક્રમવાળી માપપટ્ટીની સહેજ જ ઉપર રાખો. (cantilever તેને સ્પર્શે નહિ તે રીતે).
3. પોઈન્ટર 'P'નું વજન લટકાવ્યા વગર અવલોકન નોંધો.
4. જ્ઞાત દ્રવ્યમાનવાળું જેના પર સ્લોટ પાડેલા વજન ભરાવી શકાય તેવું હેંગર, cantileverના મુક્ત છેડે લટકાવો.
5. શિરોલંબ સ્કેલ પર પોઈન્ટર 'P'નું અવલોકન નોંધો.
6. 20 g ના દ્રવ્યમાન હેંગર પર ક્રમશઃ વધારતાં જઈ દરેક વખતે દોલન સ્થિર થાય પછી પોઈન્ટરનું અવલોકન નોંધો.
7. વજન ક્રમશઃ વધારતાં જઈ 6-7 અવલોકનો નોંધો, ત્યારબાદ તબક્કાવાર વજન ઘટાડતાં જઈ અવલોકનો નોંધો.
8. લટકાવેલ વજન અને વંકન વચ્ચેનો આલેખ દોરો.

અવલોકનો

cantilever (લાકડાની પટ્ટી)ની લંબાઈ = L = ... cm

cantileverની પહોળાઈ b = ... cm

cantileverની જાડાઈ d = ... cm

વજન લટકાવ્યા વગરના મુક્ત છેડાનું અવલોકન l_0 = ...

કોષ્ટક A 13.1 :Cantileverના વંકન પર વજનની અસર

ક્રમ નં.	દ્રવ્યમાન M (g)	cantileverના મુક્તછેડાનું અવલોકન			વંકન $y = l_m - l_0$
		l_1 (cm) જ્યારે વજન વધારતાં જઈએ	l_2 (cm) જ્યારે વજન ઘટાડતાં જઈએ	સરેરાશ $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$ (cm)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

પરિણામ

વંકન 'y' એ લગાડેલા લોડ Mના સમપ્રમાણમાં છે.

સાવચેતીઓ

1. પટ્ટીનો એક છેડો દૃઢતાથી ક્લેમ્પમાં જડીત હોવો જોઈએ.
2. સ્લોટ પાડેલા વજનને વધારવાની અને ઘટાડવાની ક્રિયામાં પટ્ટી કે લટકાવેલ હેંગરની સ્થિતિ બદલાય નહિ તેમ ધ્યાનથી કરવું.
3. શિરોલંબ સ્કેલ, પોઇન્ટરની નજીક એવી રીતે રાખવો કે જેથી પોઇન્ટર ઘસાયા વગર મુક્ત રીતે ખસી શકે.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. પટ્ટી (મીટરસ્કેલ)ને તેની સ્થિતિસ્થાપકતાની હદ ઉપર વજન (લોડ) ન આપવો જોઈએ. (આ નક્કી કરવા લોડ લગાડ્યા વગરની સ્થિતિમાં અવલોકન અને પ્રયોગના અંતે મહત્તમ લોડ દૂર કર્યા પછીના અવલોકનની સરખામણી કરી જાણી શકાય).
2. અવલોકન લેતી વખતે પટ્ટીના દોલન ચાલુ ન હોવા જોઈએ.
3. અવલોકન નોંધતી વખતે, આંખો પોઇન્ટરની અણી તથા શિરોલંબ સ્કેલ પર સામાન્ય લેવલે રાખવી.
4. દ્રવ્યમાન દૂર કરતાં જાવ, તેમ અવલોકનો પુનરાવર્તિત થવા જોઈએ.

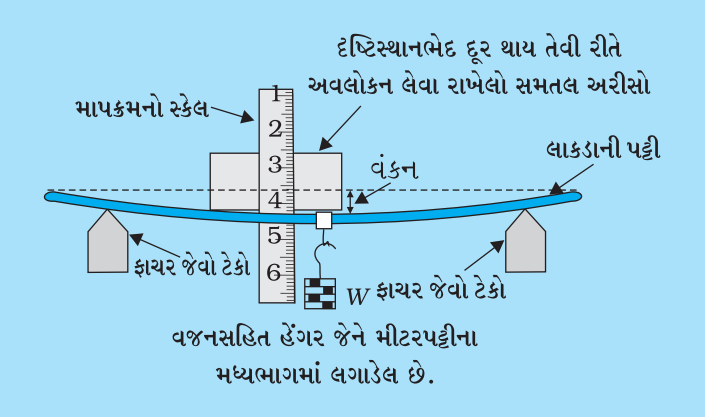
(B) મીટરસ્કેલ (પટ્ટી)ની મધ્યમાં વજન (ભાર) લટકાવતા માપપટ્ટીનું વંકન

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

મીટરપટ્ટી, મીટરપટ્ટીના બે છેડાઓ ગોઠવવા બે ફાચર જેવા ટેકાઓ, દોરો, સ્લોટ પાડેલા 200 gના વજનો, હેંગર, માપક્રમ માટેનો સ્કેલ જેને શિરોલંબ રીતે સ્ટેન્ડમાં લગાડેલ હોય, સમતલ કાચનો અરીસો, પોઇન્ટર (પીન), પ્લાસ્ટીસાઈન (એક પ્રકારની પટ્ટી)

સાધનનું વર્ણન

આકૃતિ A 13.2 પ્રાયોગિક વ્યવસ્થા દર્શાવે છે. એક સમક્ષિતિજ મીટરપટ્ટી (લાકડાની પટ્ટી)ને બે ટેકા પર ગોઠવેલી છે, મધ્યમાં ભાર લટકાવવા એક હેંગર લગાવેલ છે. પોઇન્ટરને મધ્યબિંદુએ વંકન માપવા માટે લગાવાય છે. (1 mm ના લઘુત્તમ માપવાળી) માપક્રમ અંકિત કરેલો સ્કેલ, સમતલ અરીસા સાથે લો. તેને શિરોલંબ સ્થિતિમાં રાખવા માટે સમક્ષિતિજ મીટરપટ્ટીની પાછળ સ્ટેન્ડમાં એક અરીસાની સ્ટ્રીપ (પટ્ટી) સાથે લગાવો.



આકૃતિ A 13.2 **: પટ્ટીના મધ્યભાગમાં ભાર લટકાવી વંકનનો અભ્યાસ કરવા માટેની પ્રાયોગિક ગોઠવણી**

સિદ્ધાંત

અંત્યભાગમાંથી ટેકાઓ પર ગોઠવેલ અને મધ્યભાગમાં ભાર લટકાવેલ સળિયો(બીમ) આકૃતિ A 13.2માં દર્શાવ્યા મુજબ છે, જેની લંબાઈ ‘L’, પહોળાઈ ‘*b*’ અને જાડાઈ ‘*d*’ છે. જ્યારે મધ્યભાગમાં ‘W’ વજનભાર લટકાવવામાં આવે ત્યારે થતું વંકન,

$$y = \frac{Wl^3}{4bd^3Y}$$

જ્યાં ‘Y’ = સળિયાના દ્રવ્યનો યંગ મૉડ્યુલસ, W = mg (જ્યાં ‘m’ હેંગર પર લટકાવેલ દ્રવ્યમાન છે).

વંકન ‘*y*’ લટકાવેલ ભારના સમપ્રમાણમાં છે.

પદ્ધતિ

1. મીટરપટ્ટીને બે ત્રિકોણીય ટેકાઓ પર (5–10 cm) બહાર રહે તેમ (બંને બાજુએ) ગોઠવો.
2. ભારના મધ્યમાં દોરાનો લૂપ રાખો, જેથી સ્લોટ પાડેલા દરેક 200 gના વજનને હેંગર પર લટકાવી શકાય. દોરો ટાઈટ બાંધો જેથી સરકે નહિ.
3. (0.1 cm લઘુત્તમ માપ હોય એવી) માપક્રમ અંકિત કરેલી સ્કેલને મીટરસ્કેલ (પટ્ટી)ના કેન્દ્ર પર શિરોલંબ રહે તેમ ગોઠવો. શિરોલંબ સ્કેલના અવલોકન બરોબર લઈ શકાય તે માટે તેને મીટરપટ્ટીથી દૂર રાખો. હેંગર સાથે એક પીન જડી તેના પોઇન્ટરને શિરોલંબ સ્કેલની ધારની નજીક રાખો.
4. 200 g દ્રવ્યમાન ધરાવતું હેંગર લટકાવી (દોરાના લૂપમાં) પોઈન્ટરની સ્થિતિનું અવલોકન લો. અરીસાની પટ્ટીના ઉપયોગથી દૃષ્ટિસ્થાનભેદ દૂર કરી અવલોકન લઈ શકાય.

5. 200 g દ્રવ્યમાન હેંગરમાં ઉમેરતાં જાઓ અને દરેક વખતે પોઇન્ટરની સ્થિતિનું અવલોકન નોંધો.
6. આવી રીતે લગભગ 6 અવલોકનો લો.
7. હવે એક-એક કરી 200 g ના દ્રવ્યમાન દૂર કરતાં જાવ અને દરેક વખતે પોઇન્ટરની સ્થિતિનું અવલોકન નોંધો.
8. પહેલાં M દ્રવ્યમાન માટે વંકન નોંધો અને તે પરથી એકમ દ્રવ્યમાન (ભાર) માટેનું વંકન શોધો.
9. વંકન 'y' વિરુદ્ધ સંલગ્ન ભારનો આલેખ દોરો અને પરિણામનું અર્થઘટન કરો.

અવલોકનો

બીમ (મીટરપટ્ટી)ની પહોળાઈ b = ...

બીમ (મીટરપટ્ટી)ની જાડાઈ d = ...

બે ટેકાઓની વચ્ચે રહેલ બીમ (મીટરપટ્ટી)ની લંબાઈ L = ...

કોષ્ટક A 13.2 : જુદા-જુદા ભાર (વજન) માટે બીમ (મીટરપટ્ટી)નું વંકન

ક્રમ નં.	ભાર M (g)	મધ્યકેન્દ્ર માટે cantileverનું અવલોકન			M (g) ના ભાર માટેનું વંકન y cm	એકમ ભાર માટેનું વંકન y /M (cm)/(g)	સરેરાશ y /M (cm)/(g)
		ભાર વધારતી વખતે r_1' (cm)	ભાર ઘટાડતી વખતે r_2' (cm)	સરેરાશ અવલોકન $r = \frac{r_1' + r_2'}{2}$ (cm)			
1	0			r_0	0		
2	200			r_1	$r_1 - r_0$		
3	400			r_2	$r_2 - r_0$		
4							
5							
6							

પરિણામ

મીટરપટ્ટીનું મધ્યમાંથી વંકન = ... mm/g. વંકન 'y' એ ભાર Mના સમપ્રમાણમાં છે.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. સળિયાને સ્થિતિસ્થાપકતાની હદની ઉપર ભારિત કરવી જોઈએ નહિ.

2. જ્યારે અવલોકન લેતા હોઈ ત્યારે સળિયાનું દોલન થવું જોઈએ નહિ.
3. અવલોકન લેતી વખતે આંખ, મીટરપટ્ટી અને પોઈન્ટરની ટોચ સાથે લંબ રૂપે રાખવી જોઈએ.
4. સળિયો તેની સમગ્ર લંબાઈ પર સમાન જાડાઈની અને સમાન ઘનતાની હોવી જોઈએ.
5. લીધેલા દ્રવ્યમાન પ્રમાણિત હોવા જોઈએ.

સાવચેતીઓ

1. ત્રિકોણીય ટેકા પર લાકડાની પટ્ટી સંમિત રહેવી જોઈએ.
2. વજનના વધારવાની અને ઘટાડવાની ક્રિયામાં મધ્યકેન્દ્રને ખલેલ ન પહોંચે તે ધ્યાન રાખવું
3. કાચની પટ્ટી દ્રષ્ટિસ્થાનભેદની ત્રુટિ દૂર કરવા માટે વાપરી છે. તેના વડે પ્રાયોગિક ગોઠવણીમાં ખલેલ પહોંચવી જોઈએ નહિ.

પરિયોજનાઓ
PROJECTS

પરિયોજના 1

હેતુ

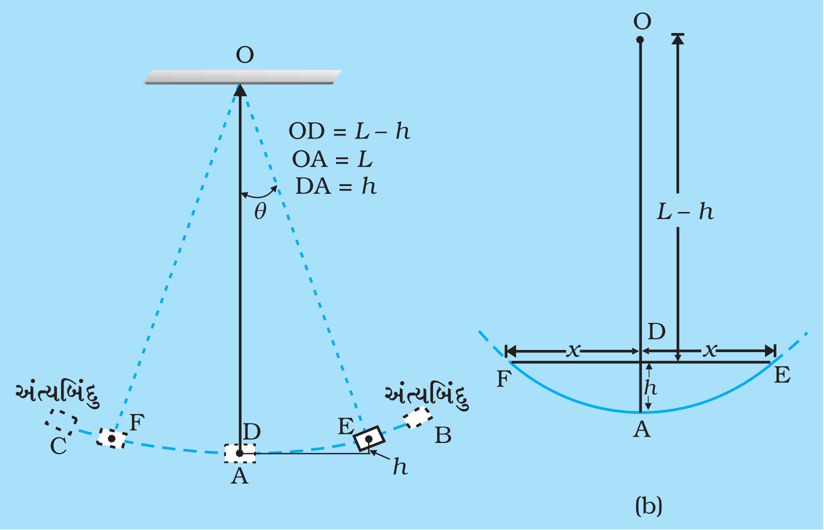
સાદા લોલકની ઊર્જાનું સંરક્ષણ થાય છે કે કેમ તે તપાસવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ક્લેમ્પો સાથેનું ઊંચું લેબોરેટરી સ્ટેન્ડ, બૂચ, ઈંટ (અથવા ધાતુનું ભારે વજન) કે જે લોલકના ગોળા તરીકે ઉપયોગી, મજબૂત કોટનનો દોરો (1.5 mથી 2.0 mનો) સ્ટોપ વૉચ, ટીકર ટાઈમર, પેપરટેપ, તુલા, લાકડાનો બ્લૉક, સૅલોટેપ, મીટરપટ્ટી અને આલેખ પેપર.

સિદ્ધાંત

ઊર્જા ઉત્પન્ન થતી નથી કે તેનો નાશ થતો નથી, તેનું માત્ર એક સ્વરૂપમાંથી બીજા સ્વરૂપમાં રૂપાંતર થાય છે. બ્રહ્માંડમાં રહેલી દરેક પ્રકારની ઊર્જાનો સરવાળો અચળ રહે છે (ઊર્જા સંરક્ષણનો નિયમ). કોઈ પણ અલગ કરેલા યાંત્રિક તંત્રમાં વ્યવહારિક રીતે શ્યાનતાબળ/ હવાના અવરોધ/ ઘર્ષણને કારણે ઊર્જાનો વ્યય અવગણ્ય/ શૂન્ય વિખેરણ હોય તેવા કિસ્સામાં ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનો સરવાળો અચળ રહે છે. અહીં કોણીય કંપવિસ્તાર નાનો ($\theta \leq 15°$) રાખેલ છે. લોલક અવગણ્ય અવમંદન સાથે સરળ આવર્તગતિ કરે છે. આથી, દોલિત યાંત્રિક તંત્રમાં ઊર્જા સંરક્ષણના નિયમને તપાસવા અથવા માન્ય કરવા એક સગવડપૂર્ણ વ્યવસ્થા પૂરી પાડે છે. જેની અસરકારક લંબાઈ ‘L’ છે, તેવા સાદા લોલકના દોલનોમાં નિયતબિંદુ ‘A’ પર તથા



આકૃતિ P 1.1 : આંદોલિત દોલક

અંત્યબિંદુઓ B અને C પર છે (આકૃતિ P 1.1 મુજબ). અંત્યબિંદુઓ B અને C પરથી દોલન કરતાં ગોળાને નિયતબિંદુથી ચોક્કસ ઊંચાઈ h (= AD) પર લઈ જવામાં આવે છે, જ્યાં તેની સ્થિતિઊર્જા મહત્તમ તથા ગતિઊર્જા ન્યૂનતમ છે. નિયતબિંદુ A પર દોલક મહત્તમ ગતિઊર્જા અને ન્યૂનતમ સ્થિતિઊર્જા ધરાવે છે. વચ્ચેની કોઈ પણ સ્થિતિઓ જેવી કે E અને F માટે લોલકનો ગોળો સંયુક્ત રીતે ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જા બંને ધરાવે છે. લોલકની અસરકારક લંબાઈ L (= $l + r$), જે બિંદુએથી તેનું લટકાવ્યું છે (બિંદુ 0) ત્યાંથી ગોળાના ગુરુત્વકેન્દ્ર સુધીની લંબાઈ છે. (આકૃતિ P 1.1 તથા પ્રયોગ E 6 પણ જુઓ). ખૂબ નાના કોણીય કંપવિસ્તાર (θ) (લગભગ 8°થી 10°) માટે લંબાઈ EA = (FA) જે રેખીય અંતર ED = (FD) = x જેટલું હોય. D બિંદુ ઉપર, બિંદુઓ E અને F સંમિત છે.

આકૃતિ P 1.1ની ભૂમિતિ પરથી

DF . DE = OD . DA

$x \times x = (\text{L} - h)\, h$

x અને hની નાની કિંમતો માટે $x << \text{L}$ અને $h << x$

(P 1.1) $$h = \frac{x^2}{L}$$

લોલકના ગોળાની (અહીં ઇંટ) કે જેનું દ્રવ્યમાન 'm' છે તેની બિંદુ E (અથવા F) પાસે સ્થિતિઊર્જા

(P 1.2) $$= mgh = \frac{mg}{L}x^2$$

(P 1.3) v વેગથી ગતિ કરતા ગોળાની બિંદુ E (અથવા F) પાસે ગતિઊર્જા $= \frac{1}{2}mv^2$

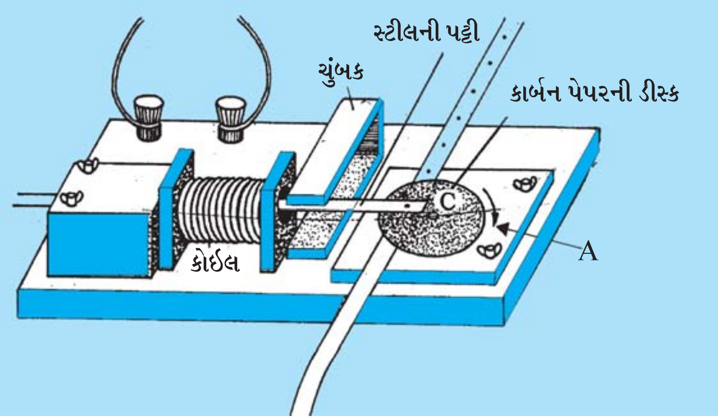
આમ, ગોળાની (દોલકની) કુલ ઊર્જા

(E 1.4) $$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{mg}{L}x^2$$

આ સંબંધ પરથી તપાસી શકાય છે કે સાદા લોલકની કુલ ઊર્જા (E) અચળ રહે છે કે નથી રહેતી ?

ખૂબ નાનો સમયગાળો માપવા માટે (પ્રયોગશાળામાં)નું સાધન : ટીકર ટાઈમર

ટીકર ટાઈમરનો ઉપયોગ પ્રયોગશાળામાં ખૂબ નાના સમયગાળાને માપવા માટે થાય છે. આ સાધન 0.02 s સુધી ઊંચી ચોકસાઈપૂર્વક નાનો સમયગાળો માપી શકે છે, જ્યારે સ્ટૉપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ 0.1 s છે, તેથી તે 0.1 s સુધી જ માપી શકે છે. ટીકર ટાઈમર જુદી-જુદી ડીઝાઈનમાં ઉપલબ્ધ હોય છે.



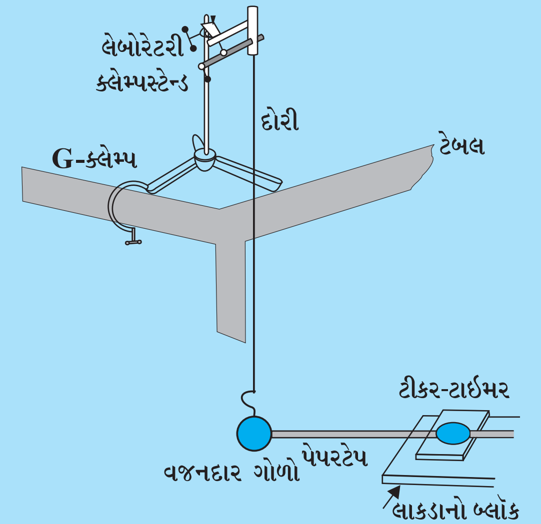
આકૃતિ P 1.2 : ટીકર-ટાઈમર

સાદા પ્રકારનું ટીકર-ટાઈમર આકૃતિ P 1.2માં દર્શાવ્યું છે. જેમાં વિદ્યુત ચુંબક વડે જ્ઞાત આવૃત્તિથી દોલિત થતી એક સ્ટીલ/ધાતુની પટ્ટી T છે. એક અણીવાળી હથોડીથી સ્ટીલની પટ્ટી દોલિત થાય છે, જે નાની કાર્બનની પેપર ડીસ્ક પર અથડાય છે, જેના નીચે પેપર ટેપ મૂકેલ છે, જે દોલન કરતી વસ્તુ વડે ખેંચાય છે અને તેની ઉપર જ્યારે પટ્ટી દોલે ત્યારે અણીવાળી હથોડીથી ટપકાંના નિશાન થાય છે. પેપર ટેપ પર ટપકાંના નિશાન નિયમિત (સમાન) સમયગાળામાં થાય છે. દરેક ટપકું સ્ટીલની પટ્ટીની દોલિત ગતિનું એક પૂર્ણ દોલન દર્શાવે છે. બે ક્રમિક ટપકાંના નિશાન વચ્ચેનો સમયગાળો ટીકના સમયના એકમ તરીકે લઈ શકાય. દોલન કરતી પટ્ટીનો આવર્તકાળ તેના દોલનની જ્ઞાત આવૃત્તિ પરથી શોધી શકાય છે. જો તેના 6 Vના સ્ટેપ ડાઉન એ.સી. સપ્લાયથી ચલાવવામાં આવતી હોય તો તેની આવૃત્તિ એ.સી. આવૃત્તિ (ભારતમાં 50 Hz) જેટલી જ હોય છે.

આ રીતે એક ટીક માટે માપેલો સમયગાળો (બે ક્રમિક ટપકાંના નિશાન વચ્ચેનો સમય) સમયના માપન માટે મૂળભૂત (આધારભૂત) એકમ, સેકન્ડમાં ફેરવી શકાય. (સમયના માપન માટે). આ રીતે પ્રયોગશાળામાં ટીકર-ટાઈમર ચોકસાઈપૂર્વક 0.02 s સુધી માપી શકે છે.

પદ્ધતિ

1. લોલકના ગોળાનું દ્રવ્યમાન શોધો.
2. r અને l માપી, દોલકની અસરકારક લંબાઈ $L = l + r$ લો.
3. આકૃતિ P 1.3 માં બતાવ્યા મુજબ ટીકર-ટાઈમર લો અને તેને ગોળાના કેન્દ્રથી સરખા લેવલે રાખો. લાકડાના બ્લૉક પર ટીકર-ટાઈમર અને ટેપને નિશ્ચિત કરો, એ વાતનું ધ્યાન રાખો કે જ્યારે ટેપ ખેંચાય ત્યારે ટીકર-ટાઈમરની સ્થિતિમાં ખલેલ ન પહોંચે.
4. ટીકર-ટાઈમરની પેપર ટેપને સેલોટેપ વડે ગોળા સાથે એવી રીતે જોડો કે જેથી સ્થિર સ્થિતિમાં ગોળાનું ગુરુત્વકેન્દ્ર અને પેપરટેપ એક જ લાઈનમાં સમક્ષિતિજ રહેવા જોઈએ.

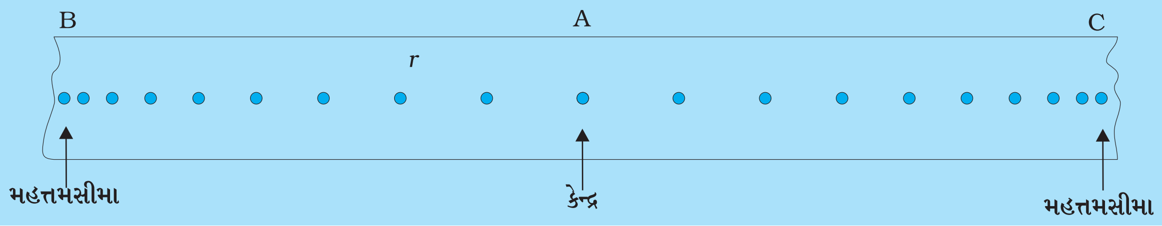


આકૃતિ P 1.3 : ઊર્જા સંરક્ષણના અભ્યાસ માટેની પ્રાયોગિક ગોઠવણી

5. ગોળાને ટાઈમર તરફ એવી રીતે ખેંચો કે જેથી તેનું કોણીય સ્થાનાંતર, શિરોલંબ સ્થિતિથી તેની લંબાઈના દસમા ભાગ જેટલું હોય ($\theta < 10°$) એ વાતનું ધ્યાન રાખો કે ટીકર ટેપ જરૂર જેટલી હળવી હોવી જોઈએ કે જેથી ગતિની શરૂઆત થતાં સાથે જ ગોળાના ખેંચાણથી તે સરળતાથી ફરે.

6. ટીકર-ટાઇમર કાળજીપૂર્વક ચાલુ કરો અને ગોળાને દોલન કરવા દો. જ્યારે ગોળો ટાઈમરની બીજી તરફ ગતિ કરે ત્યારે તે પેપરટેપને ટાઈમરની આસપાસ ખેંચે છે. આમ, ટીકર-ટાઈમર ગોળાની સ્થિતિઓનું ચોક્કસ સમયગાળામાં નોંધ કરે છે.

7. જ્યારે ઈંટ બીજા અંત્ય છેડા સુધી પહોંચે ત્યારે ટીકર-ટાઈમર બંધ કરો. પેપરટેપ કાઢી લો અને તપાસો. ટેપ પર થયેલાં ટપકાંમાંથી અંત્યબિંદુના ટપકાંઓ લોલકના અંત્ય સ્થાનો B અને C રજૂ કરે છે. અર્ધ દોલનોનું મધ્યબિંદુ A એ બે અંત્યબિંદુઓનું મધ્યબિંદુ છે જેને આકૃતિ P 1.4 મુજબ અડધા મીટરના માપક્રમ પર માર્ક કરાય.



આકૃતિ P 1.4 : **દોલન કરતા ગોળાની દોલનના જુદા-જુદા સ્થાનોના પેપરટેપ પર થયેલા નિશાનો**

8. કેન્દ્ર Aની બંને બાજુ દરેક ટપકાં (આશરે 10થી 12) ને અનુરૂપ ગોળાના સ્થાનાંતરો x_1, x_2 ... તરીકે માપો. લોલકના મધ્યમાન બિંદુ Aથી ટપકાંની સંખ્યા ગણી, દરેક ટપકું બન્યું તેનો સમય $t_1, t_2,...$ શોધો. જો કેન્દ્રબિંદુ A ટીકર-ટાઈમરના નિશાન કરેલા બિંદુ કોઈ પર સંપાત ના થાય તો ટીકર-ટાઈમરના આવર્તકાળનો અમુક યોગ્ય અંશ ઉમેરી સાચા t_1, t_2, t_3 ... શોધવા.

9. યોગ્ય સાર્થક સંખ્યા અને SI એકમનો ઉપયોગ કરી અવલોકનોને કોષ્ટકમાં નોંધો.

10. દરેક પસંદ કરેલી ટપકાંની સ્થિતિને અનુરૂપ વેગ ગણો $v_1 (= \Delta x_1 / \Delta t_1)$. આ માપવા માટે એક આગળનો અને એક પાછળનું ટપકું લઈ તેમની વચ્ચેનું અંતર લો, બે ટપકાં વચ્ચેનું અંતર Δx_1 અને આ અંતર કાપવા માટે લાગતો સમય Δt_1 છે. પછી ગતિઊર્જાનું મૂલ્ય $\frac{1}{2}mv^2 = \left[\frac{m}{2}\left(\frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}\right)^2\right]$

અને સ્થિતિઊર્જાનું મૂલ્ય $mgh_i\left[=mg\left(\frac{x_i^2}{L}\right)\right]$ શોધો. દરેક કિસ્સામાં ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનો સરવાળો શોધો. મેળવેલ પરિણામને યોગ્ય સાર્થક સંખ્યા અને SI એકમ લઈ લખો.

11. સ્થાનાંતર (x_1) અને સમયનો આલેખ દોરો. (x_1એ કેન્દ્રના ટપકાંથી અન્ય ટપકાંઓનું અંતર છે.)
12. મધ્યમાન (નિયત) સ્થાનની ડાબી બાજુના પાંચથી છ બિંદુઓ લઈ આલેખનો ઢાળ શોધી વેગ (v)શોધો. તે જ રીતે જમણી બાજુના બિંદુઓ માટે કરો. આલેખના દરેક બિંદુઓની સ્થિતિને સંલગ્ન ગતિઊર્જા $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$ ગણો.
13. ગતિઊર્જા અને ગોળાની સ્થિતિ (x) વચ્ચેનો આલેખ દોરો. જ્યાં ગતિઊર્જા લઘુત્તમ હોય તે બિંદુનું સ્થાન શોધો.
14. તમે જે બિંદુઓ માટે ગતિઊર્જા ગણી છે, તે જ બિંદુઓ માટે સ્થિતિઊર્જા $PE\left(=mg\frac{x_i^2}{2}\right)$ પણ ગણો. સ્થિતિઊર્જા વિરુદ્ધ સ્થાનાંતરીત સ્થિતિ (x)નો આલેખ એ જ આલેખ પેપર પર દોરો જ્યાં તમે ગતિઊર્જા વિરુદ્ધ સ્થાનનો આલેખ દોર્યો છે.
15. દરેક સ્થાનાંતરીત સ્થિતિ (x) માટે લોલકના કિસ્સામાં ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનો સરવાળો કરી યાંત્રિક ઊર્જા (E) શોધો. તમારા પરિણામને યોગ્ય સાર્થક સંખ્યા અને SI એકમનો ઉપયોગ કરી રજૂ કરો. કુલ યાંત્રિક ઊર્જા (E) વિરુદ્ધ સ્થાનાંતરીત સ્થિતિ (x)નો આલેખ આપેલા લોલક માટે એ જ આલેખ પર દોરો જ્યાં તમે પદ 13 અને 14માં ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાના આલેખ દોર્યા છે.

અવલોકનો :

ગોળાના દ્રવ્યમાન અને સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈનું માપન

(a) સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ

મીટરપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... mm = ... cm

ઈંટ અથવા ગોળાના ઉપરના ભાગનું જ્યાંથી લટકાવેલ છે તે બિંદુ સુધીનું અંતર l = ... cm = ... m

ગોળાનો વ્યાસ $2r$ = ... cm

સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ $L = l + r$ = ... cm = ... m

(b) ગોળાનું દ્રવ્યમાન ... g

ટીકર-ટાઈમરનો આવર્તકાળ = ... s

ડાબી બાજુએ સાચો T_1 શોધવા માટે ઉમેરેલો આવર્તકાળનો અંશ = ...

જમણી બાજુએ સાચો T_1 શોધવા માટે ઉમેરેલો આવર્તકાળનો અંશ = ...

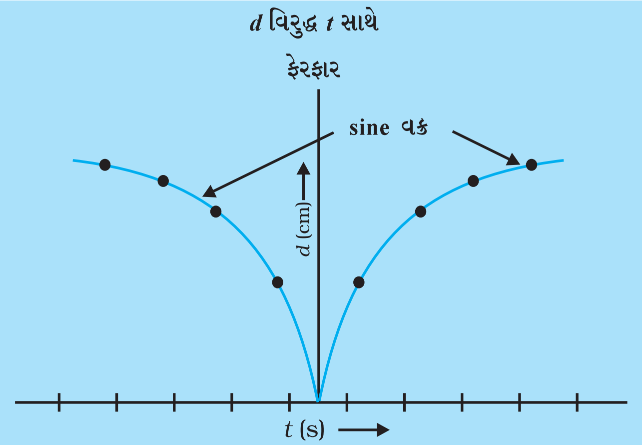
કોષ્ટક P 1.1 : ટીકર-ટાઈમર અને મુદ્રિત ટેપનો ઉપયોગ કરી સ્થાનાંતર અને સમયનું માપન

ક્રમ નં.	ટેપ પરનાં ટપકાંનો ક્રમ (i)	સ્થાનાંતર (કેન્દ્રથી ટપકાંના અંતર, x) (cm)	મધ્યબિંદુથી 'i' મા બિંદુ વચ્ચે ટીકર-ટાઈમરના દોલનોની સંખ્યા	T_i (s)	વેગ v ms^{-1}
1	ડાબી તરફ બીજું				
2	ડાબી તરફ ચોથું				
3	ડાબી તરફ છઠ્ઠું				
	જમણી તરફ બીજું				
	જમણી તરફ ચોથું				
	જમણી તરફ છઠ્ઠું				

(c) સ્થાનાંતર વિરુદ્ધ સમયનો આલેખ દોરવો.

સમય t ને x-અક્ષ પર અને સ્થાનાંતર xને y-અક્ષ પર લો. કોષ્ટક P 1.1 પરથી અવલોકીત કિંમતો વડે યોગ્ય પ્રમાણમાપ પસંદ કરી t અને x વચ્ચેનો આલેખ દોરો. જે આકૃતિ P 1.5માં દર્શાવ્યા મુજબ છે. $x \rightarrow t$ના આલેખનો આકાર કેવો છે ?

ગણતરી :



આકૃતિ P 1.5 : **દોલિત ગોળાના સ્થાનાંતર અને સમય વચ્ચેનો આલેખ**

(i) નિયત બિંદુ 'O'થી આલેખમાં બંને તરફના પાંચથી છ બિંદુ માટે આલેખ પરથી (આકૃતિ P 1.5) ગોળાનો વેગ શોધો. સમીકરણ P 1.3નો ઉપયોગ કરી દરેક વેગને અનુરૂપ ગતિઊર્જા શોધો. આ કિંમતો કોષ્ટક P 1.2માં મૂકો.

(ii) સ્થાનાંતર (અંતર) xને x-અક્ષ પર અને (K.E.) ગતિઊર્જાને y-અક્ષ પર લઈ કોષ્ટક P 1.2 ની કિંમતો પ્રમાણે આકૃતિ P 1.6માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આલેખ દોરો.

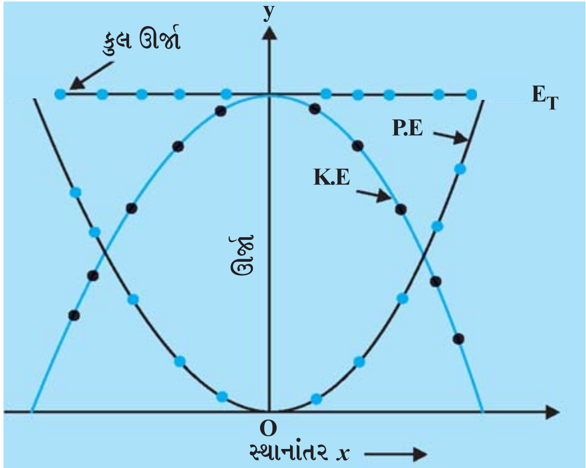
(iii) સ્થાનાંતરની દરેક કિંમત માટે સમીકરણ P 1.2નો ઉપયોગ કરી સ્થિતિઊર્જાના મૂલ્યો ગણો.

કોષ્ટક P 1.2 : દોલન કરતા ગોળા માટે સ્થિતિઊર્જા, ગતિઊર્જા અને કુલઊર્જા શોધવા

ક્રમ નં.	વેગ v (ms^{-1})	ગતિઊર્જા $\frac{1}{2}mv^2$ (J)	સ્થિતિઊર્જા $mg\frac{x^2}{L}$ (J)	કુલઊર્જા = સ્થિતિઊર્જા + ગતિઊર્જા (J)
1				
2				
3				
4				

(iv) સ્થાનાંતર (અંતર) xને x-અક્ષ અને સ્થિતિઊર્જા (P.E.)ને y-અક્ષ પર લઈ એ જ આલેખ પેપર પર આલેખ દોરો (આકૃતિ P 1.6).

(v) ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનો સરવાળો કરી કુલઊર્જા E_T ગણો. સ્થાનાંતરને x-અક્ષ પર અને કુલઊર્જા E_Tને y-અક્ષ પર લઈ એ જ આલેખ પેપર પર આલેખ દોરો (આકૃતિ P 1.6).



આકૃતિ P 1.6 : દોલન કરતા ગોળા માટે સ્થાનાંતર અને ઊર્જા વચ્ચેનો આલેખ

પરિણામ

ગતિપથના બધાં જ બિંદુઓ માટે સાદા લોલકના ગોળાની ગતિઊર્જાના સરવાળા સ્વરૂપે, કુલ ઊર્જાનું સંરક્ષણ થાય છે. (સમાન રહે છે).

ચર્ચા

1. પદ 3થી 5 કે જે પ્રયોગ E6માં પેજ 65 પર આપ્યા છે તે જુઓ.
2. સમીકરણ P 1.1 x, h અને Lનો સાદાલોલકના કિસ્સામાં સંબંધ દર્શાવે છે. જે લોલક માટે નાના કોણીય કંપવિસ્તાર ($\theta < 10°$) અને $h << x << L$ની શરતોના અનુસંધાનમાં સાચું છે.
3. નાના કોણીય કંપવિસ્તાર માટે 8° થી 10°ના કોણીય સ્થાનાંતરને અનુરૂપ ગોળાનું રેખીય સ્થાનાંતર x, કે જે લોલકની અસરકારક લંબાઈનું આઠમાંથી દસમાં ભાગ

સુધીનું હોય છે. પેપર પર મધ્યબિંદુ અથવા મધ્યસ્થાનેથી પેપરટેપ પર ટપકાંનું સ્થાનાતર (અંતર) એ લોલકના ગોળાનું મધ્યમાન સ્થાનેથી સાચું સ્થાનાંતર દર્શાવે છે.

4. આકૃતિ P 1.5 અને આકૃતિ P 1.6 માં દર્શાવેલ આલેખના આકાર આદર્શ પરિસ્થિતિને સંલગ્ન છે કે જેમાં ઘર્ષણ કે હવાના અવરોધના લીધે ઊર્જાનો વ્યય થતો નથી. દોરેલો આલેખ અવલોકિત ડેટા પરથી બનાવેલ છે, જે ડેટા ભેગા કરવાની રીત અથવા ઘર્ષણ જેવા પરિબળોને કારણે જુદો પડી શકે છે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. દોલન કરતા સાદાલોલક માટે તમે દોરેલા સ્થાનાંતર-સમયના આલેખના આકારને ઓળખો. તેનું અર્થઘટન કરો.
2. સાદાલોલક માટે તમે દોરેલા ગતિઊર્જા-સ્થાનાંતર અને સ્થિતિઊર્જા-સ્થાનાંતરના આલેખના આકારને ઓળખો.
   સ્થાનાંતરના દરેક સ્થાન માટે સ્થિતિઊર્જા અને ગતિઊર્જાના ફેરફારનો અભ્યાસ કરો. આ આલેખોનું અર્થઘટન કરો અને તેમની સરખામણી કરો.
3. તમે સાદા લોલક માટે દોરેલા કુલ (યાંત્રિક)ઊર્જા-સ્થાનાંતરના આલેખનો આકાર કેવો છે ? અર્થઘટન કરી તેમાંથી શું નિષ્કર્ષ નીકળે છે તે દર્શાવો.

પરિયોજના 2

હેતુ

મીટરપટ્ટીનો પટ્ટીલોલક (bar pendulum) તરીકે ઉપયોગ કરી તેના દ્રવ્યમાનકેન્દ્રને અનુલક્ષીને ચક્રાવર્તનની ત્રિજ્યા શોધવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

નિયમિત અંતરે કાણાં પાડેલ એક મીટરપટ્ટી, ચપ્પાની ધાર આકારની ધરી, દૃઢ આધાર, કાચની બે પ્લેટો (લટકાવવા માટેના સમતલ તરીકે) સ્પ્રિંગતુલા, સ્પિરિટ લેવલ, સ્ટેન્ડ પર જડિત ટેલિસ્કોપ, સ્ટોપ વૉચ, આલેખ પેપર.

સિદ્ધાંત

એક દૃઢ પદાર્થ શિરોલંબ સમતલમાં, સમક્ષિતિજ અક્ષને અનુલક્ષીને દોલન કરે છે, આ રચનાને સંયુક્ત લોલક (Compound pendulum) કહે છે. જે બિંદુમાંથી ભ્રમણાક્ષ પસાર થાય, તે બિંદુને જ્યાંથી લટકાવ્યું છે, તેનું કેન્દ્ર ગણાય.

સંયુક્ત લોલકનો આવર્તકાળ,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}} \qquad \text{(P 2.1)}$$

જ્યાં m એ દૃઢ પદાર્થનું દ્રવ્યમાન, l એ જે બિંદુએ લટકાવ્યું છે તે બિંદુનું ગુરુત્વકેન્દ્રથી અંતર, I એ દોલનની અક્ષને અનુલક્ષીને જડત્વની ચાકમાત્રા અને g એ ગુરુત્વપ્રવેગ છે.

જો K એ ગુરુત્વકેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષને અનુલક્ષીને ચક્રાવર્તનની ત્રિજ્યા હોય તો લટકાવેલ જગ્યાના કેન્દ્રને અનુલક્ષીને જડત્વની ચાકમાત્રા,

$$I = m(K^2 + l^2)$$

$$= m\,l\left(l + \frac{K^2}{l}\right) \qquad \text{(P 2.2)}$$

આથી, $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{ml\left(l+\dfrac{K^2}{l}\right)}{mgl}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{\left(l+\dfrac{K^2}{l}\right)}{g}}$

(P 2.3) અથવા, $T = 2\pi\left(\dfrac{L}{g}\right)$

(P 2.4) જ્યાં, $L = \left(l + \dfrac{K^2}{l}\right)$

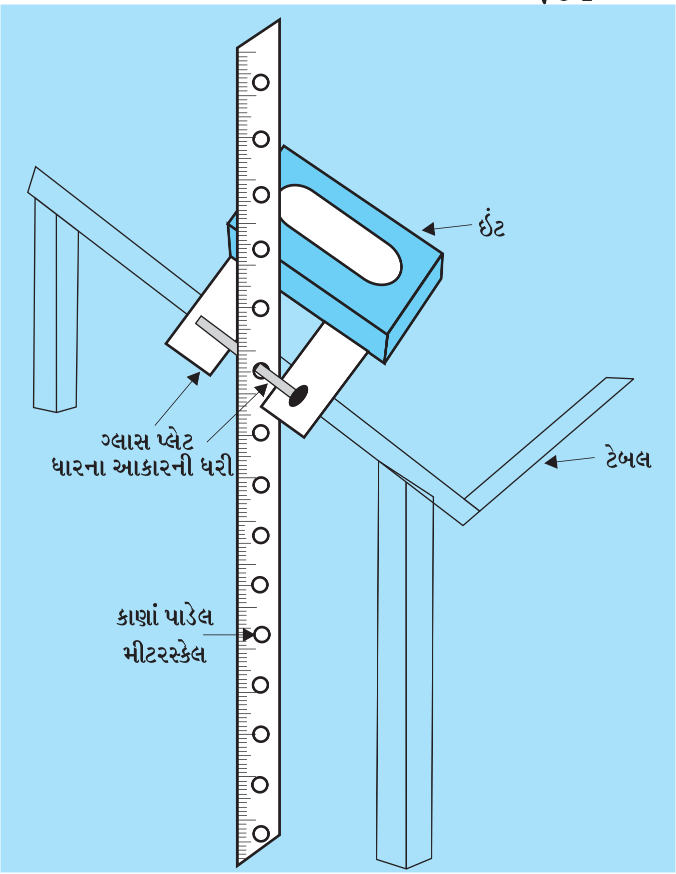
સમીકરણ (P 2.4) ને આ પ્રમાણે પણ લખી શકાય,

(P 2.5) $l \,.\, L = (l^2 + K^2) \;\Rightarrow\; l^2 - lL + K^2 = 0$

સમીકરણ (P 2.5) દ્વિઘાત સમીકરણ છે, જેના બે બીજ l_1 અને l_2 છે.

$l_1 + l_2 = L$ અને $l_1 l_2 = K^2$

અથવા, $K = \sqrt{l_1 l_2}$



આકૃતિ P 2.1 : ગુરુત્વકેન્દ્રની નજીક આવેલા બિંદુને અનુલક્ષીને દોલન કરતી મીટરસ્કેલ

પદ્ધતિ

1. એક મીટરપટ્ટી લો. તેની મધ્યમાં લંબાઈને સમાંતર એક રેખા દોરો. આ રેખા પર આશરે 1.6 mm વ્યાસના હોલ કરો. એક છેડાથી બીજા છેડા તરફ દરેક હોલ વચ્ચેનું અંતર 2 cm રાખો.
2. પટ્ટીને ફાચરની ધાર પર મૂકી સંતુલિત કરી તેનું ગુરુત્વકેન્દ્ર શોધો.
3. મીટરપટ્ટીના કોઈ એક છેડા તરફ કરેલા હોલમાંથી ધારના આકારની ધરી પસાર કરો અને તેને કાચની તકતીઓ ઉપર લગાવેલી હોય તેવા આધાર (Sus pension base) ટેકવી દો.
4. કાચની તકતીઓ સસ્પેન્શન સમતલ પર સમક્ષિતિજ અને એ જ લેવલ પર છે તેની ખાત્રી કરી લેવી. તેથી જ્યારે આપણે ચપ્પાની ધાર પર મીટર માપપટ્ટી લટકાવીએ ત્યારે તે શિરોલંબ રહે (આકૃતિ P 2.1).
5. લોલકના નીચેના છેડે એક પેપર સ્ટ્રીપ પર સંદર્ભરેખા બનાવો અને તેને ટેલિસ્કૉપથી ફોકસ કરો. ટેલિસ્કૉપને ત્યાં સુધી ફોકસ કરો જ્યાં સુધી તેનો ઊભો ક્રોસવાયર સંદર્ભરેખા પર ફોકસ ના થાય.

6. મીટરપટ્ટીના નીચેના છેડાને સમતુલિત સ્થિતિમાંથી સમક્ષિતિજ દિશામાં નાના અંતરનું સ્થાનાંતર આપી છોડી દો. લોલક (મીટરપટ્ટી) દોલન કરવાનું ચાલુ કરશે. એ વાતની કાળજી રાખો કે દોલનોનો કોણીય કંપવિસ્તાર 5°થી 6°ની અંદર રહે તથા લોલક શિરોલંબ સમતલમાં આંચકો અનુભવ્યા સિવાય દોલન કરે.
7. દોલન કરતાં લોલક પર કરેલું સંદર્ભ નિશાન જ્યારે ટેલિસ્કૉપના શિરોલંબ (ઊભા) ક્રોસવાયર પરથી પસાર થાય ત્યારે શૂન્ય ગણો અને તે જ સમયે સ્ટોપ વૉચ ચાલુ કરો. (જો ટેલિસ્કૉપ ઉપલબ્ધ ન હોય તો પ્રત્યક્ષ જોઈને પણ દોલનો ગણી શકાય છે.)
8. એક જ તરફની બાજુએથી સંદર્ભરેખા જ્યારે ઊભા ક્રોસવાયર પરથી પસાર થાય તેમ તેમ 2, 3, 4, ... દોલનો ગણતાં જાવ અને 20 દોલનો માટેનો સમય નોંધો. અવલોકનો ઓછામાં ઓછા ત્રણ વખત પુનરાવર્તિત કરો.
9. જ્યાથી લટકાવેલ છે તે બિંદુનું નીચેના છેડેથી અંતર માપો.
10. લોલકના ગુરુત્વકેન્દ્રની બંને બાજુએ બે-બે કાણાં છોડી આવેલા કાણામાં ચપ્પાની ધાર ખસેડીને પદ 7 અને 9નું પુનરાવર્તન કરો. ગુરુત્વકેન્દ્રની એક બાજુએ લોલકની લંબાઈ ધન લો અને બીજી બાજુએ લંબાઈ ઋણ લો. તમારા અવલોકનો કોષ્ટકીય રીતે નોંધો.

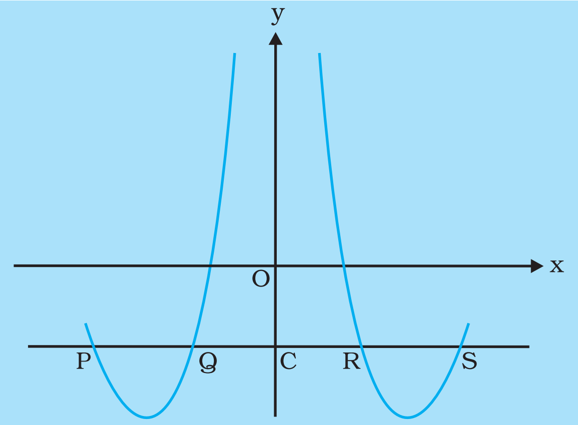
અવલોકનો

કોષ્ટક P 2.1 : સંયુક્ત લોલકના આવર્તકાળનું માપન

કાણાનો ક્રમ	ગુરુત્વકેન્દ્રની એક બાજુ					કાણાંનો ક્રમ	ગુરુત્વકેન્દ્રની બીજી બાજુ				
	ગુરુત્વકેન્દ્રથી અંતર l_1 (cm)	20 દોલનો માટેનો સમય			આવર્તકાળ $T=\frac{t_1+t_2+t_3}{3}$ (S)		ગુરુત્વકેન્દ્રથી અંતર l_2 (cm)	20 દોલનો માટેનો સમય			આવર્તકાળ $T'=\frac{t_1+t_2+t_3}{3}$ (S)
		t_1	t_2	t_3				t_1	t_2	t_3	

ગણતરી

1. lને x-અક્ષ પર અને Tને y-અક્ષ પર લઈ l અને T વચ્ચેનો આલેખ દોરો. આકૃતિ P 2.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આલેખ બે સંમિત વક્રો ધરાવે છે. x-અક્ષને અનુલક્ષીને આવેલું બિંદુ કે જ્યાં આલેખ સંમિત છે, તે મીટરપટ્ટીથી બનેલા લોલકનું ગુરુત્વકેન્દ્ર છે.



આકૃતિ P 2.2 : ગુરુત્વકેન્દ્રથી અંતર અને આવર્તકાળ વચ્ચેનો આલેખ

2. x-અક્ષને સમાંતર રેખા દોરો જે આલેખને બિંદુઓ P, Q, R અને Sમાં કાપે છે.

(a) આલેખ પરથી CP = ... cm, CS = ... cm

$$l_1 = \frac{CP+CS}{2} = \ldots \text{ cm}$$

(b) આલેખ પરથી CQ = ... cm, CR = ... cm

$$l_2 = \frac{CQ+CR}{2} = \ldots \text{ cm}$$

(c) ચક્રાવર્તનની ત્રિજ્યા $K = \sqrt{l_1 l_2}$

પરિણામ

મીટરપટ્ટીના દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષને અનુલક્ષીને ચક્રાવર્તનની ત્રિજ્યા K = ... cm

સાવચેતીઓ

1. લોલકને શિરોલંબ લટકાવવું છે તથા ચપ્પાની ધારને સમક્ષિતિજ રાખવું. જેથી લોલક શિરોલંબ સમતલમાં દોલન કરે.
2. 5થી 6 દોલનો છોડ્યા પછી સમય નોંધવાની શરૂઆત કરો જેથી દોલનમાં કોઈ પણ અનિયમિતતાની અસર દૂર થાય.
3. જો તમે ટેલીસ્કોપનો ઉપયોગ કર્યા વગર અવલોકનો લેવાના હોય તો લોલકની આપેલી લંબાઈ માટે 20 દોલનોના સમય લેવાના અવલોકનોની સંખ્યા વધારી દો.
4. પંખાઓ બંધ રાખો, હવાના પ્રવાહોના કારણે પટ્ટીની સ્થિતિ ખસી જાય છે અને દોલનો એ જ સમતલમાં રહેતા નથી.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. ઘણીવાર મીટરપટ્ટીમાં દ્રવ્યમાનનું વિતરણ નિયમિત હોતું નથી.
2. ફાચર (wedge) તીક્ષ્ણ હોતા નથી.
3. ડ્રીલ કરેલા કાણાંઓ ક્યારેક સમરેખીય હોતા નથી અથવા અંદરની સપાટી સરખી લીસી હોતી નથી.

ચર્ચા

1. જો લાકડાની પટ્ટીના સ્થાને ધાતુના સળિયાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે તો વધારે સારું

પરિણામ મળે છે. કેમકે, તેની જડત્વની સ્થિતિ સારી રીતે પકડાઈ રહે છે. વળી, ધાતુનો સળિયો એક જ દ્રવ્યનો અને નિયમિત આડછેદવાળો સહેલાઈથી બનાવી શકાય.

2. કાટખૂણિયા (સેટસ્ક્વેર)ની અંદરની વક્રસપાટીઓ અથવા વળેલા પ્લાસ્ટીકના ઉલિયાની અથવા ઝાડુંના હાથાની મદદથી લીસા સંમિત આલેખો દોરી શકાય.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. તમે કેવી રીતે સ્થાપિત કરશો કે સંયુક્ત લોલક સરળ આવર્ત ગતિ કરે છે ?
2. દ્રવ્યમાન કેન્દ્રને અનુલક્ષીને મીટરપટ્ટીની ચક્રાવર્તનની ત્રિજ્યા જાણી, આ જ પટ્ટીના દ્રવ્યમાન કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી અક્ષને અનુલક્ષીને જડત્વની ચાકમાત્રા શોધો.
3. આપણને Y-અક્ષને અનુલક્ષીને L — T ના બે સંમિત આલેખો કેમ મળે છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ :

1. કોણીય કંપવિસ્તાર ધીરે-ધીરે વધારતાં જાવ અને તમારું પરિણામ કેવી રીતે બદલાય છે તે જુઓ.
2. તમારા પરિણામોના જે ફેરફાર મૂલ્યાંકન યોગ્ય હોય તેને અનુરૂપ કોણીય કંપવિસ્તાર નોંધો. તમે આ ફેરફારને કેવી રીતે સમજાવશો ?

પરિયોજના 3

હેતુ

અચળ બળની અસર હેઠળ પદાર્થના વેગમાં થતો ફેરફાર તપાસવો અને તેનો પ્રવેગ શોધવો.

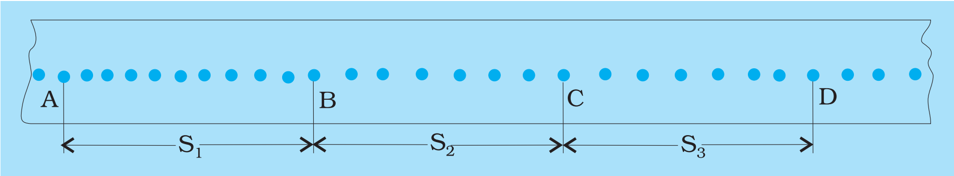
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ટીકર-ટાઈમર, સમક્ષિતિજ ટેબલ, બમ્પર (વજનદાર લાકડાનો લંબચોરસ બ્લૉક), ટ્રૉલી, ત્રણ G-ક્લેમ્પ, લાંબી પેપરટેપ, પુલી (ગરગડી), મજબૂત દોરો, થોડી ઇંટો, હેંગર, ખાંચા (સ્લોટ) પાડેલા વજનો, પ્લગ-કી અને સ્પ્રિંગતુલા.

સિદ્ધાંત

જો પદાર્થ પર લાગતું બળ અચળ હોય તો તેનો પ્રવેગ અચળ રહે છે. પરિયોજના P 1 માં ટીકર-ટાઈમરનો સિદ્ધાંત અને કાર્યપદ્ધતિની ચર્ચા કરેલ છે. ધારોકે પ્રાયોગિક વ્યવસ્થામાં ગતિ કરતા પદાર્થની સ્થિતિઓને ટીકર-ટાઈમરની ટેપ પર ટપકાંના નિશાનથી માર્ક કરવાની છે. બે ક્રમિક ટપકાં વચ્ચેનો સમય સરખો હશે, પરંતુ તેમની વચ્ચેની જગ્યા સરખી હોય તે જરૂરી નથી. જો બે ટપકાં વચ્ચેની જગ્યા સરખી હોય તો તે નિયમિત ગતિ રજૂ કરે છે અને જો જગ્યા સરખી ન હોય તો તે અનિયમિત ગતિ રજૂ કરે છે.

આપેલા પદાર્થની ઝડપની ગણતરી કરવા માટે પ્રયોગમાં વપરાયેલ કોઈ એક ટેપનો ઉપયોગ કરો. S_1, S_2, S_3... બે ક્રમિક ટપકાંઓ વચ્ચેના અંતર છે. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બિંદુ Aથી ચાલુ કરી દસેક ટપકાં લઈ માપપટ્ટી વડે અંતરો માપો (આકૃતિ P 3.1).



આકૃતિ P 3.1 : **ટેપ પર કરેલા ટપકાંઓ**

ટીકર-ટાઈમરના દોલકની આવૃત્તિ

= A.C. સપ્લાયની આવૃત્તિ

= 50 Hz

બે ક્રમિક ટપકાંઓ વચ્ચેનો સમયગાળો = $\frac{1}{50}$S

10 ટપકાં પસાર થાય તે માટે લાગતો સમય (એટલે અંતરો S_1, S_2, S_3... માટે)

$$= \frac{1}{50} \times 10 = 0.2 \text{ S}$$

અંતર S_1 માટે સરેરાશ ઝડપ $v_1 = \frac{S_1(\text{cm})}{0.2\text{s}} = ...\text{cms}^{-1}$

અંતર S_2 માટે સરેરાશ ઝડપ $v_2 = \frac{S_2(\text{cm})}{0.2\text{s}} = ...\text{cms}^{-1}$

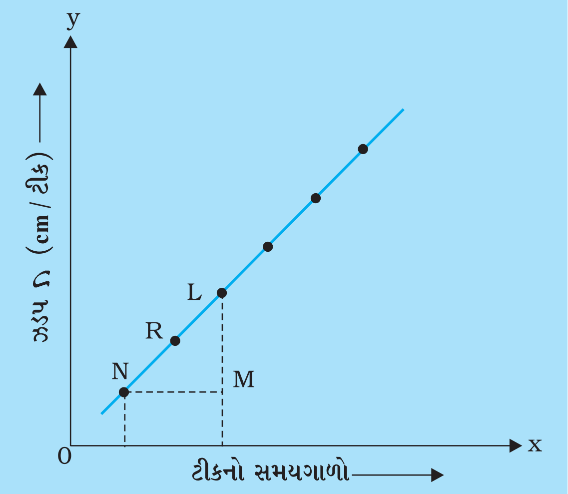
આથી, 0.2 s ના સમયગાળામાં થતો વેગનો વધારો

$$= \frac{S_2}{0.2\text{s}} - \frac{S_1}{0.2\text{s}} = ...\text{ cms}^{-1}$$

સરેરાશ પ્રવેગ $= \frac{(S_2 - S_1)}{0.2 \times 0.2} = ...\text{cms}^{-2}$

પદ્ધતિ

1. લાંબા સમક્ષિતિજ ટેબલના એક છેડે ટીકર-ટાઈમર અને બીજા છેડે બમ્પર જડો, આ માટે આકૃતિ P 3.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે G-ક્લેમ્પની મદદ લઈ શકો છો.
2. ટાઈમર અને બમ્પરની વચ્ચે ટ્રૉલી મૂકો. યોગ્ય લંબાઈ રાખી મજબૂત દોરાનો એક છેડો ટ્રૉલી સાથે જોડી તેને ઘર્ષણરહિત ગરગડી (પુલી) પરથી પસાર કરો (જે બમ્પર સાથે જડેલી છે). દોરાના મુક્ત છેડે હેંગર લટકાવો.
3. દોરાની લંબાઈ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી ટ્રૉલી જ્યારે ટાઈમરની નજીક આવે ત્યારે ગરગડી પાસેનું હેંગર તેની મહત્તમ સ્થિતિની ઊંચાઈએ ઊભું હોય.
4. ટ્રૉલીને ટીકર-ટાઈમરની નજીક લાવો અને છોડી દો. તેની ગતિનું અવલોકન કરો.
5. જો ટ્રૉલી ઝડપથી ફરતી હોય તો તેમાં એક કે બે નાની ઈંટો મૂકી શકાય તથા હેંગરના વજનને થોડું એડજસ્ટ કરી ટ્રૉલીની ઝડપ માપસરની કરી શકાય.
6. ટ્રૉલીને ટાઈમર પાસેની સ્થિતિમાં ઊભી રાખો. તપાસો કે ટેપ, કાર્બનપેપરની ડીસ્કની નીચેથી પસાર થઈ છે કે કેમ. હવે, ટીકર-ટાઈમરની સ્વીચ ચાલુ કરી ટ્રૉલીને છોડી દો. ખાતરી કરો કે, જ્યાં સુધી પલ્લું જમીનને સ્પર્શે નહિ ત્યાં સુધી ટ્રૉલી ઝડપ મેળવતી જશે, ત્યારબાદ બમ્પર દ્વારા તે ઊભી રહેશે.
7. જ્યારે પલ્લું જમીનને સ્પર્શે ત્યારે, ટેપ પર થયેલા ટપકાંના નિશાનને વર્તુળથી માર્ક કરો, જે ટાઈમરના દોલકના બિંદુની નીચે છે. કેમ કે તે પછી ટ્રૉલી પર બળ લાગવાનું અટકી જાય



આકૃતિ E 3.3 : **અચળબળની અસર હેઠળ ઝડપ અને સમય વચ્ચેનો આલેખ**

છે. આ નિશાનને 'P' કહો. દોરેલું P બિંદુનું વર્તુળ એ સ્થિતિ સુધીનું છે કે જ્યાં સુધી ટ્રોલી પર અચળ બળથી પ્રવેગ લાગતો હોય, જે જમીનને સ્પર્શયા પહેલાંનું છે.

8. ટેપના જે ભાગમાં ટપકાં થયા છે, તે ભાગને ટાઈમરથી દૂર કરો.
9. શરૂઆતના બિંદુ પાસેના કોઈ એક બિંદુને A માર્ક કરો અને તેને સ્થાનાંતરો માપવા માટેના સંદર્ભ બિંદુ તરીકે લો.
10. ટ્રોલીની આખી ગતિને 10 સરખા સમયગાળામાં વિભાજિત કરો. તે કરવા માટે ટ્રોલીની ગતિ દરમિયાન ટેપ પર થયેલા કુલ ટપકાંઓની સંખ્યા ગણો. Aથી પેપર પર 10 ટીકના અંતે જુદી-જુદી સ્થિતિઓને B, C, D વગેરે માર્ક કરો.
11. અંતરો AB, BC, CD વગેરે માપો અને તેને કોષ્ટક P 3.1માં નોંધો. જુદા-જુદા સમયગાળા માટે સરેરાશ ઝડપ શોધો. (કોષ્ટક P 3.1). આને સમયગાળાની મધ્યના બિંદુ માટે તાત્ક્ષણિક ઝડપ લઈ શકાય. ગણેલી સરેરાશ ઝડપ વિરુદ્ધ સમયગાળાના મધ્યબિંદુને કોષ્ટકરૂપે નોંધો.
12. સમયગાળાના મધ્યબિંદુ એ તાત્ક્ષણિક ઝડપ એ લગભગ દરેક ગાળાની સરેરાશ ઝડપના જેટલી હોય છે.
13. ઝડપ વિરુદ્ધ સમયનો આલેખ દોરો, જે અચળબળની અસર હેઠળ ટ્રોલીની ગતિ વર્ણવે છે. આ ઝડપ-સમય આલેખનો ઢાળ શોધવાથી તાત્ક્ષણિક પ્રવેગ મળે છે. (આકૃતિ P 3.3).

અવલોકનો

(a) પલ્લાંનું દ્રવ્યમાન = ... *g*

(b) પલ્લાંનું દ્રવ્યમાન + પલ્લામાં મૂકેલા વજનીયાંનું દ્રવ્યમાન = ... *g*

(c) ટ્રોલીનું દ્રવ્યમાન + ટ્રોલીમાં મૂકેલું દ્રવ્યમાન = ... *g*

કોષ્ટક P 3.1 : પદાર્થની તાત્ક્ષણિક ઝડપ

ક્રમ નં.	સમય ગાળો (ટીકના ગાળાના એકમમાં) (S)	અંતર, S (cm)	સરેરાશ વેગ v_{av} = s/t cm s^{-1}	સમય (ગાળાના મધ્યનો), t (ટીકનો ગાળો) (S)
1	0 – 10	S_1	...	5
2	10 – 20	S_2	...	15
3	20 – 30	S_3	...	25

કોષ્ટક P 3.2 : પદાર્થનો પ્રવેગ

ક્રમ નં.	પસંદ કરેલા બિંદુઓ	સમય, t (ટીકની સંખ્યા)	ગાળો		ઢાળ, $\frac{ML}{NM}$ = પ્રવેગ (cm/ટીક^2)
			ML (cm/ટીક)	NM (ટીક)	

પરિણામ

1. અચળબળ લાગતાં, સમય સાથે ટ્રોલીની ઝડપ વધતી જાય છે.
2. ટ્રોલીનો શોધાયેલો પ્રવેગ = ... જે મોટા ભાગે પ્રયોગની મર્યાદામાં અચળ છે.

સાવચેતીઓ

1. ખાતરી કરો કે ટીકર-ટાઈમર અને બમ્પર દૃઢતાપૂર્વક જડેલા છે.
2. પ્રયોગની શરૂઆતમાં જ્યારે ટ્રોલી ગતિની શરૂઆત કરે અને અંતે જે સમયે બળ લાગવાનું બંધ થાય ત્યારે, બંને કિસ્સામાં ટીક પર વર્તુળનું નિશાન યોગ્ય રીતે કરવું, જેથી અંતરનું માપન અને તે પરથી વેગ, પ્રવેગની ગણતરી થઈ શકે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

ગણેલ પ્રવેગ શું 'g' જેટલો છે ? જો ના તો કેમ ? પલ્લામાં દ્રવ્યમાન વધારતાં જઈએ તેમ શું પ્રવેગ, ગુરુત્વપ્રવેગની નજીક જતો જાય છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. અચળબળ માટે ટ્રોલીમાં મૂકેલા જુદા-જુદા દ્રવ્યમાન પ્રમાણે પ્રવેગમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરવો.
2. પલ્લામાં મૂકેલ દ્રવ્યમાન બદલતાં જઈને, લાગતાં જુદા-જુદા બળોને અનુરૂપ પ્રવેગમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરવો.

પરિયોજના 4

હેતુ

જુદા જુદા પદાર્થોની ઉષ્મીય અવાહક તરીકેની અસરકારકતાની સરખામણી કરવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

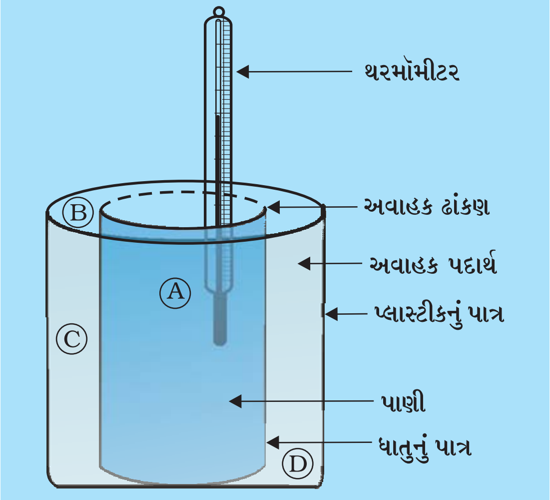
ધાતુનું એક નળાકાર પાત્ર, પ્લાસ્ટીકનું એક નળાકાર પાત્ર (જેની ઊંચાઈ ધાતુના પાત્ર જેટલી જ અને ત્રિજ્યા ધાતુના પાત્ર કરતા ઘણી વધારે હોય), થર્મોમીટર, પ્લાસ્ટીકના નળાકાર પર મુકવા માટે એક અવાહક ઢાંકણ કે જેમાં થર્મોમીટર દાખલ કરવા માટે કાણું હોય, પ્રવાહી અથવા ભુકીના સ્વરૂપમાં જુદા જુદા પદાર્થો.

પદો અને તેની વ્યાખ્યાઓ

ઉષ્મીય અવાહકો તેવા પદાર્થો છે કે જેઓ પોતાનામાંથી ઉષ્માનું વહન સહેલાઈથી થવા નથી દેતા.

સિદ્ધાંત

અંતર્ગત સિદ્ધાંત પ્રમાણે જુદા જુદા પદાર્થોની ઉષ્મીય અવાહક તરીકેની અસરકારકતાની સરખામણી કરવી એટલે કે તેમની ઉષ્માવાહકતાની સરખામણી કરવી. જે પદાર્થની ઉષ્માવાહકતા ઓછી હશે તે પદાર્થ ઉષ્માના અવાહક તરીકે વધુ અસરકારક થશે.



આકૃતિ P 4.1 :

કાર્યપદ્ધતિ

1. ધાતુના પાત્ર Aને પ્લાસ્ટીકના પાત્ર Bમાં એવી રીતે ગોઠવો જેથી બધી બાજુ સરખું અંતર રહે. બંને પાત્રોની વચ્ચે રહેલી ખાલી જગ્યામાં તમે જે અવાહક પદાર્થનો અભ્યાસ કરવા માંગો છો તે પદાર્થ ભરી દો. (આકૃતિ P 4.1).
2. પાત્ર Aમાં ગરમ પાણી (તાપમાન 60 °C) ભરી દો.
3. બંને પાત્રોને અવાહક ઢાંકણ વડે ઢાંકી દો.
4. ઢાંકણમાં આપેલ કાણામાં થર્મોમીટર એવી રીતે ગોઠવી દો કે જેથી થર્મોમીટરનો બલ્બ પાણીમાં રહે.
5. તાપમાનનાં 5 °Cના દરેક ઘટાડાને લાગતો સમય નોંધી લો.
6. જુદા જુદા અવાહક પદાર્થો માટે ઉપરની પદ્ધતિ નું પુનરાવર્તન કરો.
7. જુદા જુદા પદાર્થો માટે તાપમાન વિરુદ્ધ સમયનો આલેખ એક આલેખ પેપર પર કરો.

અવલોકનો

થર્મોમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... °C

કોષ્ટક P 4.1 : અવાહક તરીકે જુદા જુદા દ્રવ્યોમાં સમય સાથે તાપમાનનો ઘટાડો

ક્રમ નં.	પદાર્થનું નામ	સમય સાથે તાપમાનનો ફેરફાર								
1		તાપમાન								
		સમય								
2		તાપમાન								
		સમય								
3		તાપમાન								
		સમય								
4		તાપમાન								
		સમય								

આલેખ અને અર્થઘટન

એક જ આલેખપેપર પર જુદા જુદા પદાર્થો માટે સમય (t) અને તાપમાન (θ)નો આલેખ દોરો. સમય (t)ને x-અક્ષ પર અને તાપમાન (θ)ને y-અક્ષ પર લો.

જેમ આલેખનો ઢાળ વધુ તેમ પાણીના ઠારણનો દર વધુ ઝડપી. આ સૂચવે છે કે પદાર્થની ઉષ્માના અવાહક તરીકેની કાર્યક્ષમતા ઓછી છે.

પરિણામ

આસપાસના જુદા જુદા અવાહક દ્રવ્યો માટે દોરેલા પાણીના ઠારણ વક્રો પરથી તારવી શકાય કે ઉષ્માના અવાહક તરીકે જુદા જુદા દ્રવ્યોની અસરકારકતાના ઘટતા ક્રમમાં નીચે પ્રમાણે ગોઠવી શકાય.

(a)

(b)

(c)

(d)

સાવચેતીઓ

1. દરેક દ્રવ્ય માટે અંતર C અને D સમાન રહે તેની ખાત્રી કરી લેવી.
2. આ પદ્ધતિ ફક્ત ભુકી અથવા પ્રવાહી સ્વરૂપવાળા અવાહક દ્રવ્યો માટે જ વપરાય છે. કારણ કે તેમાં ઘેરાયેલી હવાની અસર લઘુત્તમ હોય છે.
3. દરેક કિસ્સામાં ખાલી જગ્યાઓ C અને Dમાં અવાહક દ્રવ્યો એક સમાન ધોરણે ભરાયેલા હોવા જોઈએ.
4. અવાહક ઢાંકણ બરાબર બંધ બેસતું હોવું જોઈએ. જેથી ઉષ્માની ઘટ બને તેટલી ઓછી થાય.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. આપેલ કાર્યપદ્ધતિ ઠંડા પાણી માટે ફરીથી કરવી. (ગરમ પાણીના બદલે)
2. આ પ્રયોગમાં વાપરેલ અવાહક દ્રવ્યો સિવાયના બીજા અવાહક દ્રવ્યો માટે પ્રયોગ ફરીથી કરવો.

પરિયોજના 5

હેતુ

જુદા જુદા દ્રવ્યોની ધ્વનિશોષક તરીકેની અસરકારકતાની સરખામણી કરવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ઑડિયો ફ્રીક્વન્સી ઑસિલેટર (AFO), કેથોડ રે ઑસિલોસ્કોપ (CRO), બે ટ્રાન્સફોર્મર, માઇક્રોફોન, એક સ્પીકર (8 Ω), શોષક દ્રવ્યો જેવા કે કાચની પટ્ટી, પૂંઠું, લગભગ સમાન જાડાઈ વાળા પ્લાયવુડ અને ફાઈબરનું બોર્ડ, જુદી જુદી જાડાઈવાળા પૂંઠાના ચાર પતરાં, સ્ક્રૂગેજ, વર્નિયર કેલીપર્સ અને મીટર મીટરપટ્ટી.

સિદ્ધાંત

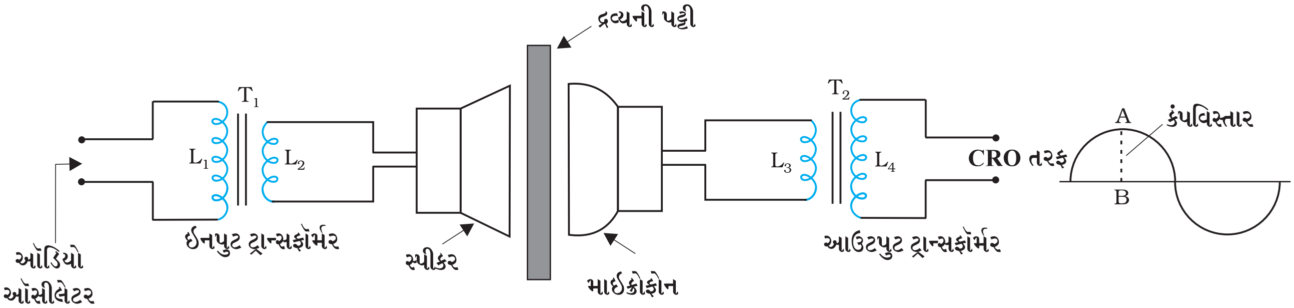
જ્યારે ધ્વનિના તરંગો કોઈ પણ દ્રવ્યમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે તેની યાંત્રિકઊર્જા આંશિક રીતે શોષાય છે. દ્રવ્ય દ્વારા ધ્વનિઊર્જાના શોષણનું પ્રમાણ

(i) દ્રવ્યની જાત અને

(ii) દ્રવ્યની જાડાઈ કે જેમાંથી ધ્વનિતરંગો પસાર થાય છે તેની પર આધાર રાખે છે.

પદ્ધતિ

1. જુદાં જુદાં શોષક દ્રવ્યો જેવા કે કાચ, પૂંઠું, પ્લાયવુડ અને ફાઈબર બોર્ડની તકતીઓ લો.
2. દરેકની જાડાઈ સ્ક્રૂગેજ/વર્નિયર કેલીપર્સ/માપપટ્ટી વડે માપો.
3. આકૃતિ P 5.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વિવિધ ઘટકોના પરિપથની ગોઠવણી કરો. બેય ટ્રાન્સફોર્મરોના ઉચ્ચ ઈમ્પીડેન્સ ધરાવતા ગુંચળા L_1 અને L_4 ને ક્રમશઃ ઑડિયો ફ્રીક્વન્સી ઑસિલેટર (AFO) અને કેથોડ રે ઑસિલોસ્કૉપ CRO સાથે જોડો. ગુંચળાના ઈમ્પિડન્સ ને સમતોલવા બેય ટ્રાન્સફોર્મરને ઓછો અવરોધ ધરાવતા ગુંચળાં L_2 અને L_3 સાથે સ્પીકર અને માઇક્રોફોન જોડવું.



આકૃતિ P 5.1 : **જુદા જુદા દ્રવ્યોની ધ્વનિશોષક તરીકેની અસરકારકતા સરખાવવા માટેની પરિપથ વ્યવસ્થા**

4. CRO ને એવી રીતે ગોઠવવું કે જેથી પડદા પર યોગ્ય તરંગ સ્વરૂપ મળે.
5. સ્પીકરને ઑડિયો ઑસીલેટરમાંથી મેળવેલું, જ્ઞાત આવૃત્તિવાળું ઑડિયો સિગ્નલ આપવું. સ્પીકર અને માઈક્રોફોન વચ્ચે કોઈ પણ તકતી મુક્યાં વગર CRO ના પડદા પર મળતા અનુરૂપ ઑડિયો સિગ્નલનો કંપવિસ્તાર નોંધો.
6. સ્પીકર અને માઈક્રોફોન વચ્ચેનું અંતર બદલ્યા વગર જુદા જુદા દ્રવ્યોના સમાન જાડાઈ ધરાવતી તકતીઓ વારાફરતી સ્પીકર અને માઈક્રોફોન વચ્ચે મૂકો, દરેક વખતે CROના અંકિત પડદા પર અનુરૂપ ઑડિયો સિગ્નલનો કંપવિસ્તાર નોંધો.
7. ધ્વનિઊર્જાના શોષણનું પ્રમાણ અને શોષક દ્રવ્યની પ્રકૃતિ વચ્ચેના સંબંધનું વિશ્લેષણ કરવા માટે અવલોકનોને કોઠા સ્વરૂપે નોંધો.
8. સ્પીકર અને માઈક્રોફોન વચ્ચે સમાન દ્રવ્ય (ધારો કે પૂંઠું)ની જુદી જુદી જાડાઈવાળા ચાર પતરાં વારાફરતી મુકવાં.
9. પ્રયોગનો પદ 5 અને 6નું પુનરાવર્તન કરવું.
10. ધ્વનિઊર્જાના શોષણનું પ્રમાણ અને શોષક દ્રવ્યની જાડાઈ વચ્ચેના સંબંધનું વિશ્લેષણ કરવા માટે અવલોકનોને કોઠા સ્વરૂપે નોંધો.

અવલોકનો

1. સ્ક્રૂ ગેજ/વર્નિયર કેલીપર્સનું લઘુત્તમ માપ = ... mm
2. પૂંઠાંની જાડાઈ = ... mm

   કાચની પટ્ટીની જાડાઈ = ... mm

   ફાઈબર બોર્ડની જાડાઈ = ... mm

   પ્લાયવુડની જાડાઈ = ... mm
3. વપરાયેલા ઑડિયો સિગ્નલની આવૃત્તિ = ... Hz

કોષ્ટક P 5.1 : સમાન જાડાઈવાળા જુદા જુદા શોષક દ્રવ્યોનું ધ્વનિનું શોષણનું પ્રમાણ

અવલોકન ક્રમાંક	શોષક દ્રવ્યનું નામ	CRO પર તરંગનો કંપવિસ્તાર (mm)		
		શોષક દ્રવ્ય મૂક્યા પહેલા A_0	શોષક દ્રવ્ય મૂક્યા પછી A_1	$\frac{A_1}{A_0}$
1	કાચ			
2	પૂંઠું			
3	ફાઈબર બોર્ડ			
4	પ્લાયવુડ			

કોષ્ટક P 5.2 : એક જ શોષક દ્રવ્યની જુદી જુદી જાડાઈઓ માટે ધ્વનિના શોષણના પ્રમાણનો દર

અવલોકન ક્રમાંક	શોષક દ્રવ્યની જાડાઈ	CRO પર તરંગનો કંપવિસ્તાર (mm)		
		શોષક દ્રવ્ય મુક્યા પહેલા A_0	શોષક દ્રવ્ય મુક્યા પછી A_1	$\frac{A_1}{A_0}$
1				
2				
3				
4				

ગણતરી

1. કોષ્ટક P 5.1 માં નોંધેલી પ્રાયોગિક માહિતી પરથી શોષક દ્રવ્યને મુક્યા પહેલા અને પછી મળતા તરંગ સ્વરૂપના કંપવિસ્તારનો ગુણોત્તર શોધો.
2. જુદી જુદી જાડાઈવાળા શોષક દ્રવ્યને મુક્યા પહેલા અને પછી મળતા તરંગ સ્વરૂપના કંપવિસ્તારનો ગુણોત્તર શોધો અને તે પરથી ધ્વનિના શોષણનું અનુમાન કરો.

પરિણામ

1. ધ્વનિતરંગોના શોષણનું પ્રમાણ મહત્તમ ... (દ્રવ્ય)માં અને લઘુત્તમ ... (દ્રવ્ય)માં મળે છે.

2. શોષક દ્રવ્ય (પૂંઠું)ની જાડાઈના વધારા સાથે ધ્વનિતરંગોના શોષણનું પ્રમાણ વધે/ઘટે છે.

સાવચેતીઓ

1. સમાન જાડાઈવાળા જુદા જુદા શોષક દ્રવ્ય સાથે પ્રયોગ કરતી વખતે ઈનપુટ ઑડિયો સિગ્નલનો કંપવિસ્તાર અચળ રાખવો.
2. શોષક દ્રવ્યની જાડાઈ એટલી બધી ન રાખવી કે જેથી CROના પડદા પર મળતા અનુરૂપ આઉટપુટ સિગ્નલ માપી શકાય તેવું ન રહે.
3. સ્પીકર, માઈક્રોફોન અને શોષક દ્રવ્યના પતરાંનું સ્થાન પ્રયોગ દરમિયાન બદલવું નહિ.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. શોષક દ્રવ્યની ઘનતા (X-અક્ષ પર) વિરુદ્ધ શોષક દ્રવ્ય મુક્યા પહેલા અને પછી મળતા તરંગસ્વરૂપના કંપવિસ્તારનો ગુણોત્તર (Y-અક્ષ પર) (કોષ્ટક P 5.1 પરથી)નો આલેખ દોરવો. આલેખની પ્રકૃતિનો અભ્યાસ કરો અને તે પરથી અર્થઘટન કરો.
2. શોષક દ્રવ્યની જાડાઈ (X-અક્ષ પર) વિરુદ્ધ શોષક દ્રવ્ય મુક્યા પહેલા અને પછી મળતા તરંગ સ્વરૂપના કંપવિસ્તારનો ગુણોત્તર (Y-અક્ષ પર) (કોષ્ટક P 5.2 પરથી)નો આલેખ દોરો. આલેખની પ્રકૃતિનો અભ્યાસ કરો અને તે પરથી અર્થઘટન કરો.

પરિયોજના 6

હેતુ

રબરના જુદા જુદા નમુનાની સ્થિતિસ્થાપકતાના યંગ મૉડ્યુલસની સરખામણી કરવી અને તેમના સ્થિતિસ્થાપક હિસ્ટેરીસીસ વક્રોની સરખામણી કરવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

આશરે 10 cm લંબાઈ ધરાવતા રબર બેન્ડના બે નમુના, એક દઢ આધાર, અમુક સ્લોટેડ (Slotted) વજન (10g), એક હેંગર (10g), એક માપપટ્ટી અને એક પોઈન્ટર.

પદ અને તેમની વ્યાખ્યા

1. **સ્થિતિસ્થાપક હિસ્ટેરીસીસ :** વિકૃતિને રિવર્સ કરતા જ્યારે પ્રતિબળ-વિકૃતિનો વક્ર મુળ પથ લેતો નથી, તેવી ઘટનાને સ્થિતિસ્થાપક હિસ્ટેરીસીસ કહે છે.
2. **શેષ વિકૃતિ :** વિરુપક બળ હટાવતા જો નમુનો ઘટીને પોતાની મુળ લંબાઈ પ્રાપ્ત ન કરે, તો શેષ વિકૃતિ મળે છે.

સિદ્ધાંત

1. રબર માટે પ્રતિબળ વિરુદ્ધ વિકૃતિ (અથવા લંબાઈનો વધારો)નો આલેખ સુરેખ હોતા નથી. તેથી જ, રબર માટે યંગ મૉડ્યુલસ એક મળતો નથી. આપેલ પ્રતિબળ માટે, કોઈ એક બિંદુ પર પ્રતિબળ વિરુદ્ધ વિકૃતિના વક્રના ઢાળ તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરાય છે.
2. હિસ્ટેરીસીસ વક્ર વડે ઘેરાતું ક્ષેત્રફળ, વજનના વધારા (લોડીંગ) અને વજનના ઘટાડાના (અનલોડિંગ) વખતે વ્યય થતી ઊર્જાનું માપ છે.

કાર્યપદ્ધતિ

1. દઢ આધાર પરથી એક રબર બેન્ડ લટકાવો અને તેના નીચેના છેડા પર 10 g દળવાળુ હેંગર પોઇન્ટર સાથે જોડો.
2. માપપટ્ટી Sને ઊર્ધ્વ દિશામાં એવી રીતે મુકવી જેથી પોઇન્ટર મુક્તપણે હલી શકે અને માપપટ્ટી પર તેનું અવલોકન લઈ શકાય.
3. હેંગરમાં 10 gનું સ્લોટેડ વજન મુકી રબર બેન્ડ સ્થિર થાય ત્યાં સુધી રાહ જુઓ. પછી પોઇન્ટરનું અવલોકન લો.

4. લોડમાં 10 g વજનનો વધારો કરતા 80 g થી 100 g વજન થાય ત્યાં સુધી પદ 3નું પુનરાવર્તન કરવું.
5. હવે હેંગરમાંથી એક પછી એક 10 g વજન ઘટાડો અને દરેક વખતે પોઈન્ટરનું અવલોકન લો. (દરેક વખતે અવલોકન લેતા પહેલા રબરને સ્થાયી થવાનો સમય આપો.)
6. રબર બેન્ડના જુદા જુદા નમુના માટે પદ 1થી 5 ફરીથી કરવા.

અવલોકનો

1. માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... cm
2. રબર બેન્ડના ખેંચાયા પહેલાની મુળ લંબાઈ L = ... cm

કોષ્ટક P 6.1 : લોડીંગ કરતી વખતે રબર બેન્ડની લંબાઈમાં વધારો

	ક્રમાંક	લટકાવેલ લોડ = લગાવેલું બળ = F (N)	પોઈન્ટરનું અવલોકન r (cm)		લંબાઈમાં વધારો	
			લોડીંગ વખતે	અનલોડીંગ વખતે	લોડીંગ વખતે	અનલોડીંગ વખતે
નમૂનો A	1					
	2					
	3					
નમૂનો B	1					
	2					
	3					

ગણતરી

1. લોડીંગ અને અનલોડીંગ માટે લોડ વિરુદ્ધ લંબાઈના વધારાનો આલેખ દોરો. લોડને X-અક્ષ પર લેવું અને લંબાઈના વધારાને Y-અક્ષ પર લેવું.
2. નમૂના A માટે હિસ્ટેરીસિસ લુપનો ક્ષેત્રફળ = ...

   નમૂના B માટે હિસ્ટેરીસિસ લુપનો ક્ષેત્રફળ = ...

   (હિસ્ટેરીસિસ લુપમાં આવેલા ચોરસ ગણીને આ કરી શકાય.)

પરિણામ

1. નમુના Aનો હિસ્ટેરીસિસ એ નમૂના Bના હિસ્ટેરીસિસ કરતા ... (વધુ/ઓછું) છે.

સાવચેતીઓ

1. વજનોને હળવેથી ઉમેરવા કે દૂર કરવા.
2. વજનને ઉમેરી અથવા દૂર કરીને અવલોકન લેતા પહેલા થોડી રાહ જોવી.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. હિસ્ટેરીસિસ વક્રનો ક્ષેત્રફળ શું દર્શાવે છે ?
2. નમુના A અને Bના હિસ્ટેરીસિસ વક્રો પરથી અર્થઘટન કરો.
3. લોડીંગ અને અનલોડીંગ વખતના વક્રો ક્યાં સંપાત થાય ?
4. લોડીંગ અને અનલોડીંગ વખતના વક્રો ક્યાં સંપાત ન થાય ?
5. મોટા હિસ્ટેરીસિસ લુપ ધરાવતા રબરનો ઉપયોગ શેના માટે થાય છે ?
6. નાના હિસ્ટેરીસિસ લુપ ધરાવતા રબરનો ઉપયોગ શેના માટે થાય છે ?
7. હૂકના નિયમની અપેક્ષા પ્રમાણે શું પ્રતિબળ-વિકૃતિનો આલેખ સુરેખ આવે ? સ્થિતિસ્થાપકતાની હદ વટાવતાં શું થાય ?
8. સ્થિતિસ્થાપકતાની હદ પાર થઈ ગઈ છે તેવું તમને કઈ રીતે ખબર પડે ?

પરિયોજના 7

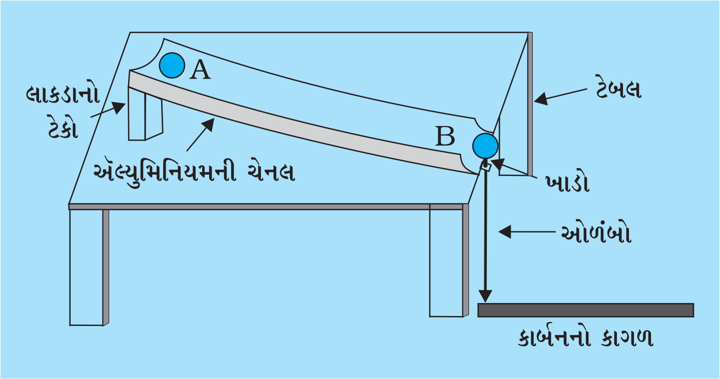
હેતુ

દ્વિપરિમાણમાં બે ગોળાના સંઘાતનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

દ્વિપરિમાણમાં સંઘાત માટેનું સાધન, મીટરપટ્ટી, ટ્રેસીંગ કાગળ, કાર્બન કાગળ, G-ક્લેમ્પ, એક સ્ક્રૂ, સેલોટેપ, કોણમાપક, સ્ટીલના બે સમાન ગોળા અથવા લખોટી અને ઓળંબાની દોરી.

સાધનનું વર્ણન



આકૃતિ P 7.1 : **દ્વિપરિમાણમાં બે ગોળાનો સંઘાતનો અભ્યાસ કરવા માટેની વ્યવસ્થા**

ખાંચાવાળી માપપટ્ટી અથવા ઍલ્યુમિનિયમની ચેનલ જેને વચ્ચેથી વાળી હોય જેથી તે ઢોળાવવાળા માર્ગ તરીકે કાર્ય કરે. તેની ઉપર સ્ટીલના ગોળાને ગબડાવી શકાય. તેના નીચેના છેડા પર એક સેટ સ્ક્રૂ ફીટ કરવો કે જેના માથે થોડો ખાડો હોય. આ લક્ષ્યાંકવાળા સ્ટીલના ગોળાને મુકવાનું છે. પ્રયોગશાળાના ટેબલના છેડા પર ધાતુનો બેસ લગાવેલો છે કે જેની ઉપર માપપટ્ટીનો છેડો ગોઠવાયો છે. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સ્ક્રૂ પરથી ઓળંબાની દોરી લટકાવેલ છે.

સિદ્ધાંત

દ્રવ્યમાન m અને m′ ધરાવતા સ્ટીલના બે ગોળા અનુક્રમે વેગ u અને u′ થી ગતિ કરતા કરતા સંઘાત પામે, તો સંઘાત બાદ તેમના વેગ બદલાય છે. જો સંઘાત બાદ તેમના વેગ અનુક્રમે v અને v' હોય તો વેગમાન સંરક્ષણના નિયમ પ્રમાણે

$$mu + mu' = mv + mv'$$

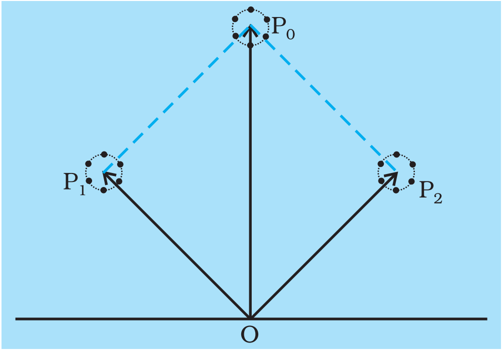
આ પ્રવૃત્તિમાં આપણે બે ગોળાનો દ્વિપરિમાણમાં સંઘાતનો અભ્યાસ આપેલ સાધન વડે કરીએ છે અને વેગમાનના સંરક્ષણનો નિયમ ચકાસીએ છે. આપણે એક ગોળાને ઢાળવાળા માર્ગ પર

ગબડવા દઈ નીચેના છેડે મુકેલા સ્થાયી ગોળા સાથે અથડાવવા દઈએ છે. સરળતા ખાતર બંને ગોળાને સમાન લઈએ.

સંઘાત બાદ બંને ગોળા જુદી જુદી દિશામાં નીચે પડે અને જમીન સાથે અથડાય છે. દરેક ગોળાનો સમક્ષિતિજ વેગ તેમને કાપેલા સમક્ષિતિજ અંતરને સમપ્રમાણમાં હોય છે. (એવું શા માટે થાય તે વિચારો) સમક્ષિતિજ અંતર એટલે જ્યાંથી સ્થિર ગોળો પડે તે સ્થાનના એકદમ નીચે જમીન પરના બિંદુથી જ્યાં ગોળા જમીનના સંપર્કમાં આવે તે બિંદુ વચ્ચેનું અંતર. આ જ સમક્ષિતિજ અંતરને દરેક ગોળાના વેગમાનનું મૂલ્ય દર્શાવવા વાપરી શકાય કારણ કે તેમના દ્રવ્યમાન સમાન છે.

પદ્ધતિ

1. આકૃતિ P 7.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સાધન ગોઠવો. સેટ સ્ક્રૂને એવી રીતે ગોઠવો જેથી તેમાં આવેલો ખાડો, છેડાથી ગોળાની એક ત્રિજ્યા જેટલો પહેલા હોય. સ્ટીલના એક ગોળાને ઉપરથી ગબડાવો અને સેટ સ્ક્રૂને ઉપરનીચે કરી એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી ગોળો સ્ક્રૂને મુક્તપણે ઓળંગે. સ્ક્રૂના ખાડા પર બીજો ગોળો નિશાન તરીકે મુકો. ઓળંબાને સ્ક્રૂ પરથી લટકાવો.
2. પછી સેટ સ્ક્રૂને એવી સ્થિતિમાં ગોઠવો કે જેથી આવનાર ગોળો લક્ષ્યાંકવાળા ગોળાને કોઈ એક ખૂણે અથડાય. આપાત થનાર અને લક્ષ્યાંકવાળા ગોળાને 1 અને 2 તરીકે દર્શાવીએ. સુનિશ્ચિત કરો કે બંને ગોળા સંઘાત પામતી વખતે જમીનથી સમાન ઊંચાઈ પર હોય.
3. જમીન પર એક કાર્બન પેપર પર તેના જેટલાં જ માપનું ટ્રેસીંગ (Tracing) પેપર મુકો. આ જોડકાં પર સ્ટીલના ગોળા પડશે અને તેમની છાપ મુકશે. જો મોટા સાઈઝના કાર્બનપેપર અથવા સાદા પેપર ના મળે તો A-4 સાઇઝના પેપરો ભેગા કરી મોટી શીટ (Sheet) બનાવવી.
4. જમીન પર કાર્બન પેપર એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની શાહીવાળી બાજુ ઉપર તરફ રહે. ટ્રેસીંગપેપર તેના પર સીધું મુકી દો. પેપર એવી રીતે મુકો કે આખા શીટનું મધ્યબિંદુ ઓળંબાની એકદમ નીચે આવે.
5. સેટ સ્ક્રૂ પર લક્ષ્યાંકવાળો ગોળો મુક્યા વગર 1 નંબર લખેલા ગોળાને ગબડાવો. જ્યાં ગોળો ટ્રેસીંગપેપર પર પડે તે બિંદુને P_0 માર્ક કરો. આ પ્રક્રિયાને પુનરાવર્તીત કરો અને બિંદુઓનો P_{01}, P_{02}, P_{03}... વિગેરેનો સમુહ મેળવો. આ બધા બિંદુઓના કેન્દ્ર શોધી તેને P_0 નામ આપો.
6. સ્ટીલવાળા સમાન ગોળા 2ને લક્ષ્યાંકવાળો ગોળો લઈ અમુક સંઘાતો મેળવો. ખાતરી કરો કે દરેક વખતે આપાત ગોળો 1 સમાન ઊંચાઈ પરથી જ મુક્ત થાય. આપાત ગોળો અને લક્ષ્યાંકવાળો ગોળો કાગળ પર જ્યાં અથડાય ત્યાં મળતા બિંદુઓના સમુહને નામ આપી, તેમના ફરતે વર્તુળ દોરો. આપાત ગોળા માટે P_1 અને લક્ષ્યાંક ગોળા માટે P_2.
(તમે ચતુષ્કોણ દોરી, આ બિંદુઓના સમૂહનું કેન્દ્ર શોધી શકો છો અને વિકર્ણોના છેદથી મધ્યમાન બિંદુ શોધી શકાય.)



આકૃતિ P 7.2 : મધ્યમાન બિંદુ શોધવા માટે

7. જે બિંદુ પર ઓળંબો કાગળને અડે તે બિંદુને બિંદુ 'O' તરીકે લખો. બિંદુ O પરથી મધ્યમાન બિંદુ P_0, P_1 અને P_2 સુધી સદિશો દોરો.
8. (a) આપાત ગોળા અને લક્ષ્યાંક ગોળાના વેગમાનને દર્શાવતા સદિશ અનુક્રમે $\overrightarrow{OP_1}$ અને $\overrightarrow{OP_2}$ નો સરવાળો કરો. તેના પરથી સંઘાત પછીનો કુલ વેગમાન P મળશે. (જુઓ આકૃતિ P 7.2).

   (b) સંઘાત પછીના કુલ વેગમાન Pને આપાત ગોળાના પ્રારંભિક વેગમાન $\overrightarrow{OP_0}$ અને લક્ષ્યાંક ગોળા સાથે સરખાવો.

પરિણામ :

સંઘાત પછી બંને ગોળાનો કુલ વેગમાન ... g cms^{-1} મળે છે. આ વેગમાન આપાત ગોળાના પ્રારંભિક વેગમાન જેટલું જ છે.

સાવચેતીઓ

1. સેટ સ્ક્રૂને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી સંઘાત વખતે બંને ગોળા જમીનથી સમાન ઊંચાઈ પર હોય.
2. દરેક પ્રયત્ને, આપાત ગોળા સમાન ઊંચાઈ પરથી જ ગબડાવો.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

ગોળા અને સપાટી વચ્ચેના ઘર્ષણને કારણે ત્રુટિ ઉમેરાઈ શકે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. દરેક પ્રયત્ને, બંને અંતિમ વેગમાન વચ્ચેનો કોણ માપો. આના પરથી શું પ્રસ્થાપિત કરી શકો ?
2. ધારોકે, લક્ષ્યાંકવાળા ગોળાની જગ્યાએ સમાન પરિમાણવાળી કાચની લખોટી લઈને એ જ આપાત ગોળાથી પ્રયોગ કરીએ. તો આ કિસ્સામાં, શું કાપેલા સમક્ષિતિજ અંતરો વેગ

સદિશો દર્શાવશે ? શું તે હજુ પણ વેગમાન સદિશો દર્શાવશે ? આ કિસ્સામાં તમે વેગમાન સદિશો કેવી રીતે દોરશો અને વેગમાનના સંરક્ષણનો નિયમ કઈ રીતે ચકાસશો ?

3. આકૃતિ P 7.2 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે OP_0 ને લંબ દિશામાં વેગમાનના ઘટકો OP_1 અને OP_2 નું શું થશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

આ પ્રયોગનો ઉપયોગ વેગમાન સંરક્ષણના નિયમને જથ્થાત્મક રીતે ચકાસવા માટે પણ થઈ શકે. ગોળાનો દ્રવ્યમાન અને વેગ મેળવીને તેનું વેગમાન ગણી શકાય. દરેક ગોળાનું દ્રવ્યમાન તુલા વડે માપો. સમક્ષિતિજ વેગ એટલે કે કાપેલા સમક્ષિતિજ અંતર અને તે માટે લીધેલા સમયનો ભાગાકાર. નોંધનીય છે કે આ સમય એ ગોળાએ જમીન પર અથડાવવા માટે લીધેલો સમય છે. સેટ સ્ક્રૂના ટોચ પરથી જમીનનું અંતર માપી, સમીકરણ $d = (gt^2)/2$ વડે આ સમય મેળવી શકાય. વધુમાં, બધી જ ગણત્રીઓ માટે t સમાન હશે.

આપાત ગોળાનું મૂળ વેગમાન અને આપાત અને લક્ષ્યાંકવાળા ગોળાનું અંતિમ વેગમાન નીચેના બેય કિસ્સામાં ગણો (1) સમાન દ્રવ્યમાન અને (2) અસમાન દ્રવ્યમાન. દરેક કિસ્સામાં બંને અંતિમ વેગમાનોનો પરિણામ મેળવી તેને પ્રારંભિક વેગમાન સાથે સરખાવો.

ચેનલ (Channel) બનાવવાની વૈકલ્પિક રીત

ગોળાના વ્યાસ કરતા થોડીક વધારે વ્યાસવાળી પ્લાસ્ટીકની પાઈપ લો.

પાઇપને લંબાઈને સમાંતર બે સરખાં ભાગમાં કાપો. કાપેલી પાઇપના એક ભાગને વચ્ચે હળવેકથી ગરમ કરી પાઈપને સહેજ વાળો અને તેને ટેબલ પર જડી દો.

ગરમ કરેલા ખીલા અથવા સળીયાની મદદથી પાઇપના બીજા છેડા પર નાનો ખાડો કરો કે જેમાં લક્ષ્યાંકવાળો ગોળો રહી શકે.

પરિયોજના 8

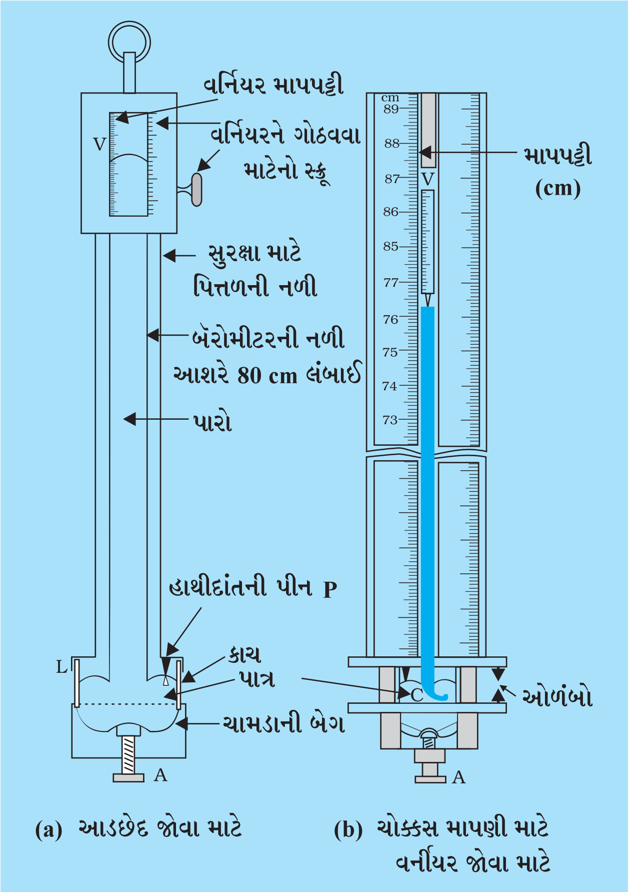
હેતુ

ફોર્ટીનના બૅરોમીટર (વાયુદાબમાપક યંત્ર)નો અભ્યાસ કરવો અને તેના વડે વાતાવરણનું દબાણ માપવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ફોર્ટીન (Fortin)નું બૅરોમીટર (Barometer) અને થર્મોમીટર (Thermometer).

સાધનનું વર્ણન



આકૃતિ P 8.1 : ફોર્ટીનનું બૅરોમીટર

ફોર્ટીનનું બૅરોમીટર (Fortin's Barometer) :

આ સાધનમાં 80 cm લાંબી, એક બાજુથી ખુલ્લી એવી સમાન આડછેદવાળી કાચની નળી લેવામાં આવે છે. તેમાં પારો (Mercury) ભરીને તેને સાચવીને ઉંધી કરો. પારા ભરેલા પાત્રમાં મુકવામાં આવે છે. આ પાત્રનો નીચેનો ભાગ ચામડાનો બનેલો હોય છે અને તેમાં પારાનું સ્તર નીચે આપેલા સ્ક્રૂ Aના મદદથી ગોઠવી શકાય (આકૃતિ P 8.1 (a)). પાત્રની ઉપરની બાજુ ચામડાના ટુકડાથી એવી રીતે બંધ કરેલ છે કે જેથી બાહ્ય હવા અને પાત્રમાં આવેલા પારાનો સંપર્ક જળવાઈ રહે. હાથીદાંતની એક નાની ટાંકણી P એવી રીતે જડી છે કે જેથી તેનો અણીદાર છેડો પાત્રમાં આવેલા પારાને અડકે. આ પીનનું કાર્ય માપપટ્ટીના શૂન્યને પાત્રમાં આવેલા પારાની સપાટી સાથે એક સરખી ઊંચાઈએ (લેવલે) ગોઠવવાનું હોય છે. કાચની આ નળીને સુરક્ષા ખાતર પિત્તળની એક નળીમાં મુકવામાં આવે છે. બે ઉર્ધ્વ સ્લિટ વ્યાસાંત બિંદુએ સામસામે એવી રીતે રાખવામાં આવે છે કે જેમાંથી પારાની સપાટી જોઈ શકાય. (આકૃતિ P 8.1 (b)). સામેની સ્લિટની બંને બાજુએ સેન્ટીમીટરમાં અંકન કરેલી માપપટ્ટી કોતરવામાં આવે છે. માપપટ્ટીનું અંકન શૂન્યથી નહિ પણ 68 cm થી 85 cm સુધી હોય છે. કારણ કે વાતાવરણનું દબાણ આ સીમાઓ વચ્ચે રહે છે. સામેની સ્લિટ પર સરકી શકે તેવું પિત્તળની વર્નિયર માપપટ્ટી ગોઠવેલી છે અને તેને સ્ક્રૂ B વડે ફેરવી શકાય.

સિદ્ધાંત

જ્યારે પારાથી સંપૂર્ણ ભરેલી નળી પાત્રમાં ઊંધી કરવામાં આવે ત્યારે તેમાંથી અમુક પારો બહાર નીકળે છે અને તેથી નળીમાં ઉપરની બાજુ શૂન્યાવકાશ બને છે.

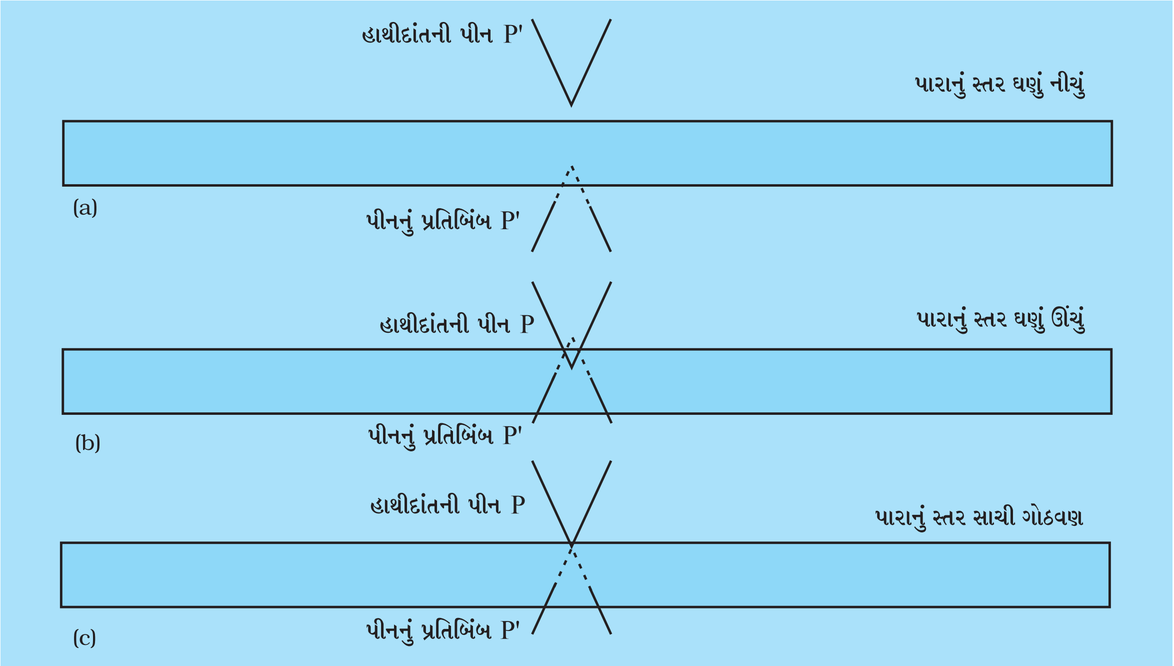
જ્યારે પાત્રમાં આવેલા પારાની સપાટી પર લાગતું વાતાવરણનું દબાણ અને નળીમાં આવેલા પારાના સ્તંભનું દબાણ સમાન થાય ત્યારે પારાની સપાટી સ્થિર થાય છે. સામાન્ય સ્થિતિમાં નળીમાં પારાના સ્તંભની ઊંચાઈ વાતાવરણના દબાણના સમપ્રમાણમાં હોય છે. કાચની નળીમાં પારાનો સ્તંભ સમુદ્રની સપાટી કરતા 76 cm ઉપર હોય છે.

સૈદ્ધાંતિક રીતે, બૅરોમીટર કોઈ પણ પ્રવાહીનું બનેલું હોવું જોઈએ. પારાની પસંદગી પાછળ ઘણા બધા કારણો હોય છે. મુખ્યત્વે પારો વધુ ઘનતા વાળો (13600 kg/m^3) હોય છે તેથી હવાના દબાણથી સમતોલાયેલો સ્તંભ જરૂરિયાત પૂરતા ઊંચાઈ પર હોય છે.

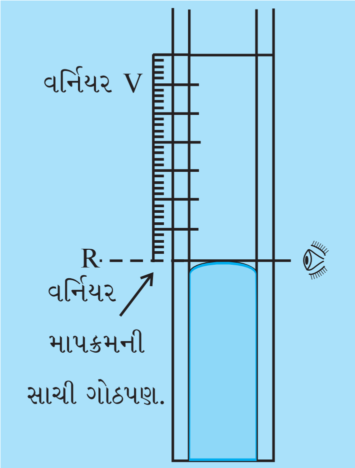
પાણીનું બૅરોમીટર 10 m ઊંચાઈ કરતાં વધારે રાખવો પડે.

પદ્ધતિ

1. બૅરોમીટરને દીવાલ પર ઉર્ધ્વ રીતે લટકાવવા માટે ઓળંબાનો ઉપયોગ કરો.
2. સ્ક્રૂ A, B, પીન P અને વર્નિયર Vનું પરીક્ષણ કરો.
3. વર્નિયર માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
4. બૅરોમીટરના પાત્રમાં પારાની સપાટીનું લેવલ સ્ક્રૂ Aની મદદથી અને હાથીદાંતની પીન અને તેનું પાત્રમાં આવેલ પારાની સપાટી પરના પ્રતિબિંબને જોઈને ગોઠવો. (આકૃતિ P8.2)



આકૃતિ P 8.2 : **પાત્રમાં પારાના સ્તરની સાચી ગોઠવણ**



આકૃતિ P 8.3 : **નળીમાં પારાના મિનિસ્કસના લેવલમાં આંખને રાખવી**

5. સ્ક્રૂ B ની મદદથી વર્નિયરને એવી રીતે ગોઠવો જેથી વર્નિયરનો શૂન્ય નળીમાં પારાની બહિર્ગોળ મેનીસ્કસનેને અડકે. આપણી દૃષ્ટિને મેનીસ્કસના લેવલમાં રાખવી. (આકૃતિ P 8.3)
6. મુખ્ય સ્કેલ અને વર્નિયર પર અવલોકન નોંધો.
7. થર્મોમીટરની મદદથી ઓરડાનું તાપમાન નોંધો.
8. આ પ્રક્રિયાનું બે વાર પુનરાવર્તન કરો અને વાતાવરણનું સરેરાશ દબાણ મેળવો.

અવલોકનો

વર્નિયરનું લઘુત્તમ માપ = ... cm

વર્નિયર માપક્રમ પર વિભાગની સંખ્યા = ...

મુખ્ય માપક્રમ પર વિભાગની સંખ્યા = ...

મુખ્ય માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ (1 MSD) = ... cm

વર્નિયર માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ

$$= \frac{1\text{MSD}}{\text{વર્નિયર માપક્રમ પર વિભાગની સંખ્યા}} = \ldots \text{ cm}$$

ઓરડાનું તાપમાન = ... °C

કોષ્ટક P 8.1 : બૅરોમીટરમાં પારાના સ્તંભની ઊંચાઈનું માપન

ક્રમ નં.	વર્નિયર માપક્રમના શૂન્યની નીચે મુખ્ય માપક્રમ પરનું અવલોકન S (cm)	વર્નિયર માપક્રમ પરનું અવલોકન n	પારાના સ્તંભની ઊંચાઈ h = (S + n × લ.મા.શ.)
1			
2			
3			

પરિણામ

તારીખ .... (dd / mm / yy) એ .... a.m. / p.m. ઓરડાના તાપમાન .... °C એ માપેલું વાતાવરણનું દબાણ .... cm Hg., વાતાવરણનું દબાણ = ... N/m^2

સાવચેતીઓ

1. બૅરોમીટર એ નાજુક ઉપકરણ હોવાથી તેને સાચવીને વાપરવું.
2. તેને લેબોરેટરીની દીવાલ પર સજ્જડ રીતે લગાવવું, કોઈ પેસેજમાં લગાવવું નહિ.
3. હાથીદાંતની પીન અને વર્નિયર માપપટ્ટી પર પૂરતો પ્રકાશ પડવો જોઈએ.
4. લઘુત્તમ માપ સાચવીને માપવી જોઈએ.
5. સ્ક્રૂ Aને ધીરેથી અને સાચવીને ફેરવવો.

ત્રુટિ ઉદ્‌ગમો

1. બૅરોમીટરની નળીમાં હવાના પરપોટા હોઈ શકે.
2. હાથીદાંતની ટાંકણી બરાબર ગોઠવી ન હોય.
3. ઓરડાનું તાપમાન બદલાયા કરે તેથી અવલોકનો પર અસર પડે છે.

ચર્ચા

1. બૅરોમીટરને દીવાલ પર એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી હાથીદાંતની પીન જોઈને સ્ક્રૂ A સહેલાઈથી ગોઠવી શકાય. ઊભા રહેવા અને દ્રષ્ટિના લેવલે વર્નિયર વાચનાંક જોવા યોગ્ય પ્લેટફૉર્મનો ઉપયોગ કરી શકાય.
2. જ્યારે પણ બૅરોમીટર વાપરીએ ત્યારે તેની ગોઠવણી જરૂરી કેમ હોય છે ?

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. નીચેની બાબતોની શું અસર હોઈ શકે
   (a) સલાહ પ્રમાણે હાથીદાંતની પીન ન ગોઠવી હોય ?
   (b) બૅરોમીટરને ઉર્ધ્વ રાખવાને બદલે સહેજ ત્રાંસુ રાખ્યું હોય ?
   (c) પીન P અને માપપટ્ટી Sને આંખના લેવલ પર ન જોયું હોય ?
2. પારાની જગ્યાએ પાણી વાપરીએ તો શું તકલીફો પડી શકે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. શાળા સમય દરમિયાન જુદા જુદા સમયે બૅરોમીટર અને થર્મોમીટરના અવલોકનો લેવા. એક અઠવાડિયા દરમિયાન વાતાવરણના દબાણમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરો.
2. એક મહિનાના વાતાવરણના દબાણ અને ભેજ (છાપામાં આપ્યું હોય તે)નો આલેખ દોરો. શું આપણે ભેજના પ્રમાણને વાતાવરણના દબાણ સાથે સંબંધિત કરી શકીએ ?

પરિયોજના 9

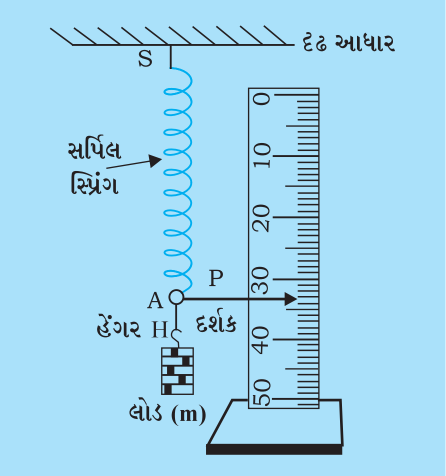
હેતુ

સર્પિલ (helical) સ્પ્રિંગ નીચે લટકાવેલા વજન વિરુદ્ધ લંબાઈમાં થતા વધારાનો આલેખ દોરવો અને તે આલેખ પરથી સ્પ્રિંગ અચળાંકનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

નીચેના છેડે દર્શક અને હેંગર લટકાવવા માટે રીંગ/હુક હોય તેવી સર્પિલ સ્પ્રિંગ, એક દૃઢ આધાર/ક્લેમ્પવાળું સ્ટેન્ડ, હેંગર લટકાવાય તેવા ખાંચાવાળા પાંચ-છ વજન (જ્ઞાત મુલ્ય), મીટરપટ્ટી.

સિદ્ધાંત



આકૃતિ P 9.1 : લોડના કારણે સર્પિલ સ્પ્રિંગની લંબાઈના વધારાનું માપન

જ્યારે કોઈ પદાર્થ પર બાહ્યબળ લગાડવામાં આવે ત્યારે તેના આકારમાં ફેરફાર થાય અથવા તેમાં વિરુપણ ઉત્પન્ન થાય છે. બાહ્યબળ જેટલાં જ મુલ્યનું અને બાહ્યબળને વિરોધ કરતું પુનઃસ્થાપક બળ તે પદાર્થમાં ઉદ્ભવે છે. બાહ્ય બળ હટાવતા પદાર્થ તેનો મુળ આકાર પાછો મેળવે છે.

લંબાઈમાં (અથવા આકારમાં અથવા પરિમાણમાં) નાના ફેરફારો માટે, સ્થિતિસ્થાપકતાના હદની અંદર, આ વધારો લાગુ પાડેલ બળના સમપ્રમાણમાં હોય છે. (હુકનો નિયમ).

હુકના નિયમ પ્રમાણે, સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગઅચળાંક (અથવા બળ અચળાંક) નીચે મુજબ આપી શકાય.

$$\text{સ્પ્રિંગઅચળાંક, } K = \frac{\text{પ્રતિબળ}, F}{\text{લંબાઈમાં વધારો}, x}$$

માટે, સ્પ્રિંગઅચળાંક એ સ્પ્રિંગની લંબાઈમાં દર એકમ વધારા પર ઉદ્ભવતું પુનઃસ્થાપક બળ છે. તેનું મુલ્ય સ્પ્રિંગના સ્થિતિસ્થાપક ગુણધર્મો પરથી નક્કી કરી શકાય છે. દૃઢ આધાર (દીવાલ પર જડેલા ખીલા) પર લટકાવેલ સ્પ્રિંગના મુક્ત છેડા પર જ્ઞાત વજન (Load) લટકાવવામાં આવે છે. ખાંચાવાળો વજન હેંગર પર મુકતા સ્પ્રિંગની લંબાઈમાં વધારો થાય છે. જુદા જુદા વજનીયાં (ખાંચાવાળા દ્રવ્યમાન) લટકાવી જુદા જુદા બળ લાગુ પાડતા થતા

લંબાઈના વધારાને નોંધવામાં આવે છે. તેના પરથી લોડ-લંબાઈના વધારાનો આલેખ દોરી તે પરથી સ્પ્રિંગઅચળાંક મેળવી શકાય છે.

પદ્ધતિ

1. જેના નીચેના મુક્ત છેડા A પર દર્શક (Pointer) P હોય તેવી સર્પિલ સ્પ્રિંગ SAને દૃઢ આધાર પર આકૃતિ P 9.1 માં દર્શાવ્યા મુજબ લટકાવો.
2. મીટરપટ્ટીને સ્પ્રિંગની નજીક ઉર્ધ્વ ગોઠવો. ધ્યાન રાખો કે દર્શક માપપટ્ટીને અડક્યા વગર મુક્ત રીતે ફરી શકે અને દર્શકનો છેડો માપપટ્ટીના અંકનની સામે જ હોય.
3. મીટરપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ શોધો. મોટાભાગે તે 0.1 cm અથવા 1 mm હોય છે.
4. હુક પર કોઈ પણ વજન મુક્યા વગર દર્શકનું પ્રારંભિક સ્થાન માપપટ્ટી પર નોંધો.
5. સર્પિલ સ્પ્રિંગના મુક્ત છેડા A પર જ્ઞાત વજનવાળુ (દા.ત. 20 g) હેંગર H લટકાવો અને દર્શક P નું મીટર પટ્ટી પર સ્થાન નોંધો.
6. ખાંચાવાળું વજન હેંગરમાં ધીરેથી મુકો. લોડ દોલન કરતું બંધ થાય ત્યાં સુધી રાહ જુઓ. જેથી સંતુલિત (સ્થિર) સ્થિતિ મેળવી શકાય. જરૂર પડે તો જાતે પણ રોકી શકાય. દર્શક P નું મીટર પટ્ટી પર સ્થાન નોંધો કોષ્ટકમાં અવલોકનો યોગ્ય એકમો અને સાર્થક સંખ્યા સાથે નોંધો.
7. હેંગરમાં બીજો એક ખાંચાવાળું વજન મુકો અને પદ 6 નું પુનરાવર્તન કરો.
8. આવી જ રીતે હેંગરમાં જુદા જુદા વજન મુકતા જાઓ અને પદ 6 નું પુનરાવર્તન કરતા જાઓ દરેક વખતે મીટરપટ્ટી પર દર્શકનું સ્થાન નોંધો.
9. ખાંચાવાળું વજન M મુક્યા બાદ લોડ / બળ (F) જ્યાં F (= mg) અને સંલગ્ન લંબાઈમાં થતો વધારો ગણો. અહીં g એ જ્યાં પ્રયોગ કરતાં હોઈએ તે જગ્યાનો ગુરુત્વપ્રવેગ છે.
10. લાગુ પાડેલ બળ F ને X-અક્ષ પર અને અનુરૂપ લંબાઈના વધારા x ને Y-અક્ષ પર લઈને આલેખ દોરો. તમે દોરેલા આલેખના વક્રનો આકાર કેવો હશે ?
11. જો તમને F-xનો આલેખ સુરેખ મળે તો તેનો ઢાળ (F/x) શોધો. આ સુરેખ આલેખના ઢાળ પરથી સર્પિલ (helical) સ્પ્રિંગનો બળ અચળાંક શોધો.

અવલોકનો

મીટરપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... mm

= ... cm

હેંગરનું દ્રવ્યમાન = ... g

કોષ્ટક P 9.1 : સર્પિલ સ્પ્રિંગના સ્પ્રિંગઅચળાંકની ગણતરી

ક્રમાંક	સ્પ્રિંગ નીચે લટકાવેલ દ્રવ્યમાન m	બળ F = mg	દર્શકનું સ્થાન	લંબાઈમાં વધારો x	સ્પ્રિંગ અચળાંક $K = \frac{F}{x}$
	(10^{-3} kg)	(N)	(cm)	(10^{-2} m)	(Nm^{-1})
1	0				
2	20				
3	.				
4	.				
5	.				
6	.				
.	.				
.	.				
.	.				
.	.				

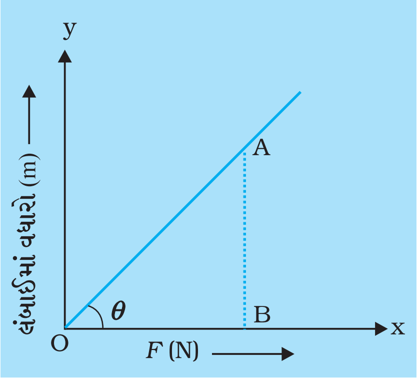
સરેરાશ સ્પ્રિંગઅચળાંક K = ... N / m

સર્પિલ સ્પ્રિંગ માટે લોડ → લંબાઈમાં વધારાનો આલેખ દોરવો.

બળ F ને X-અક્ષ પર અને લંબાઈના વધારાને Y-અક્ષ પર લો. F અને x ને યોગ્ય માપ વડે દર્શાવો. આકૃતિ P 9.2માં દર્શાવ્યા મુજબ F વિરુદ્ધ x નો આલેખ દોરો. લોડ → લંબાઈના વધારાના આલેખનો આકાર ઓળખો.

ગણતરી

આકૃતિ P 9.2માં દર્શાવેલા લોડ-લંબાઈના વધારાના આલેખમાં રેખા OA પર થોડાક દુર એવા બે બિંદુ O અને A લો. બિંદુ A પરથી X-અક્ષ પર લંબ AB દોરો. આલેખ પરથી,



આકૃતિ P 9.2 : **સર્પિલ સ્પ્રિંગ માટે લોડ-લંબાઈના વધારાનો આલેખ**

સુરેખ આલેખનો ઢાળ $= \tan\theta = \frac{AB}{OB} = \frac{x}{F}$

સ્પ્રિંગઅચળાંક $K = \frac{F}{x} = \frac{1}{\text{ઢાળ}}$

$$K = \frac{OB}{AB} = \frac{F_B - F_O}{x_A - x_B} = \ldots \ Nm^{-1}$$

જ્યાં x_A અને x_B એ બિંદુ A અને B આગળ અનુરૂપ લંબાઈના વધારા છે અને F_B અને F_O એ બિંદુ B અને O આગળ લોડ છે.

પરિણામ

સર્પિલ સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગઅચળાંક = ... Nm^{-1}

સાવચેતીઓ

1. સ્પ્રિંગને દૃઢ આધાર પરથી એવી રીતે લટકાવવી કે જેથી તે ઉર્ધ્વ રહે અને મુક્ત રહે.
2. સ્પ્રિંગની સ્થિતિસ્થાપકતાની હદને ધ્યાનમાં રાખી ખાંચાવાળા વજન પસંદ કરવા.
3. ખાંચાવાળા વજન હેંગરમાં મુક્યા પછી અને કાઢ્યા પછી દર્શકનું મીટર પટ્ટી પર સ્થાન નોંધતાં પહેલાં થોડીવાર રાહ જુઓ કારણ કે સ્પ્રિંગને સંતુલિત અવસ્થામાં આવતાં થોડો સમય લાગે છે.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. જો આધાર દૃઢ ન હોય તો તેના લવચીકને કારણે થોડી ત્રુટિ આવી શકે.
2. ખાંચાવાળા વજન પ્રમાણિત વજન ન પણ હોય.

ચર્ચા

1. સર્પિલ સ્પ્રિંગને લોડ (અથવા ખાંચાવાળા દ્રવ્યમાન) સાથે લટકાવવા માટે દૃઢ આધાર હોવું જરૂરી છે. ખાંચાવાળા વજન પર અંકન કર્યા પ્રમાણેનું ચોક્કસ વજન ન પણ હોય. આધારના લચક અને ખાંચાવાળા વજનના અચોક્કસ મુલ્યને કારણે થોડી ત્રુટિ થવાની સંભાવના હોય છે.
2. જવાબની ચોકસાઈનો મુખ્ય આધાર સ્થિતિસ્થાપકતાના હદની અંદર બળ (લોડ) વડે થતા લંબાઈના વધારાના માપન પર હોય છે. વિશેષ કાળજી પૂર્વક ખાંચાવાળા વજનને હેંગરમાં સાચવીને મુકવું કારણ કે સર્પિલ સ્પ્રિંગને નવી સમતોલન સ્થિતિ મેળવવામાં વધુ સમય લાગે છે.
3. જો સ્થિતિસ્થાપકતાની હદથી થોડુંક બહાર જતું રહેવાય તો સ્પ્રિંગમાં અને તમારા પરિણામમાં શું ફેરફારોની અપેક્ષા રાખો છો ?

સ્વ-મુલ્યાંકન

1. સમાન દ્રવ્યની બનેલી સ્પ્રિંગ A (જાડા તારવાળી) અને સ્પ્રિંગ B (પાતળા તારવાળી)માં હેંગરમાં સમાન વજન મુકી દૃઢ આધાર પરથી લટકાવવામાં આવે તો કોનો સ્પ્રિંગઅચળાંક વધુ આવે ?
2. સ્પ્રિંગઅચળાંક K અને દળ M_s ધરાવતી નરમ ભારે સ્પ્રિંગ પોતાના જ વજન હેઠળ લંબાઈમાં વધારો મેળવે છે. જો આ સ્પ્રિંગના નીચે દળ M લટકાવવામાં આવે તો તે

સ્પ્રિંગની લંબાઈના વધારા માટે તમે દ્રવ્યમાન સુધારા ગુણાંક શું સૂચવશો ?

[**Hint :** M_s દળવાળી સ્પ્રિંગના નીચેના છેડે M દળ લટકાવતા તેની લંબાઈમાં થતો વધારો X_m નીચે મુજબ થાય. $X_m = \frac{F}{K} = \left(M + \frac{M_s}{2}\right)\left(\frac{g}{K}\right)$]

3. બીજા કયા પરિબળો સ્પિંગઅચળાંક પર અસર કરે ? જેવા કે લંબાઈ.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. સમાન પદાર્થની બનેલી પણ તારના જુદા જુદા વ્યાસવાળી સ્પ્રિંગ લેતા બળ અચળાંકમાં કેવા ફેરફારો આવે છે તે નોંધો.
2. સમાન વ્યાસવાળા તારની પણ જુદા જુદા દ્રવ્યની બનેલી સ્પ્રિંગોનો સ્પ્રિંગ અચળાંકમાં શું ફેરફારો આવે તે નોંધો. તમારા પરિણામ પરથી શું અનુમાન કાઢશો ?

પરિયોજના 10

હેતુ

વિકિરણના ઉત્સર્જન અને શોષણ પર સપાટીની પ્રકૃતિની અસરનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

થર્મોમીટર મુકવા માટેનું કાણું ધરાવતા લાકડાના ઢાંકણવાળા બે સમાન કૅલોરીમીટર, બે થર્મોમીટર, થર્મોમીટરને પકડી રાખવા ક્લેમ્પ (Clamp)વાળા બે સ્ટેન્ડ, એક કૅલોરીમીટરને કાળો પડ ચઢાવવા અને બીજા કૅલોરીમીટરને ચળકતો સફેદ પડ ચઢાવવા માટેની વ્યવસ્થા, સ્ટોપ ક્લૉક (stop clock), બરફ

સિદ્ધાંત

કાળી સપાટી એ ઉષ્મીય વિકિરણની સારો ઉત્સર્જક અને સારો શોષક છે. ચળકતી સપાટી એ ઉષ્મીય વિકિરણની ઓછા પ્રમાણમાં ઉત્સર્જન અને શોષણ કરે છે.

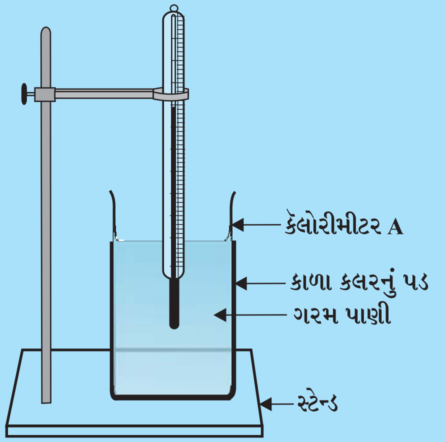
પદ્ધતિ

A. વિકિરણના ઉત્સર્જન માટે

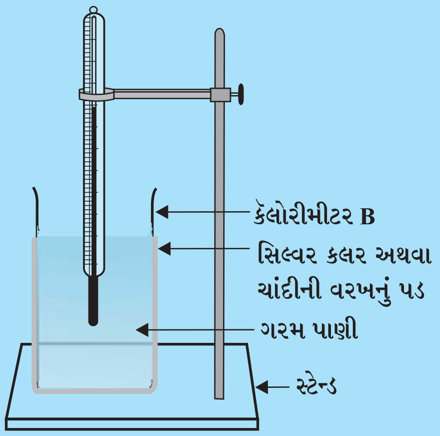
1. બંને થર્મોમીટરનું લઘુત્તમ માપ અને અવધિ નોંધો.
2. ઓરડાનું તાપમાન નોંધો.
3. આકૃતિ P 10.1 (a)માં બતાવ્યા મુજબ એક કૅલોરીમીટર પર કાળો કલર અથવા લેમ્પ (Lamp) બ્લેક કલર કરવો. આકૃતિ P 10.1 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બીજા કૅલોરીમીટર પર ઍલ્યુમિનિયમ કલર અથવા ચાંદીની ચળકતી વરખ લગાડી સફેદ રંગ કરવો.
4. દરેક કૅલોરીમીટરમાં ગરમ પાણી ભરવું અને દરેકમાં થર્મોમીટર મુકવું. બંને કૅલોરીમીટરને એકબીજાથી 30 cm જેટલું દૂર મુકવું.
5. સ્ટોપ ક્લૉક ચાલુ કરવી અને બંનેની વચ્ચે મુકવી.
6. પ્રથમ 10 મિનિટ દરમિયાન દર અડધી મિનિટે બંને કૅલોરીમીટરનું તાપમાન નોંધવું. અને પછીના 10 મિનિટ દરમિયાન દર 1 મિનિટે તાપમાન નોંધવું.

B. વિકિરણના શોષણ માટે

1. ઉપરની પ્રવૃત્તિ (A)માં વપરાયેલ બંને કૅલોરીમીટરનો ઉપયોગ કરવો.
2. રેફ્રીજરેટરમાંથી લીધેલું ઠંડુપાણી અથવા નળના પાણીમાં બરફ નાખી ઠંડુ કરેલ પાણી બંને કૅલોરીમીટરમાં ભરવું.
3. કૅલોરીમીટરોમાં થર્મોમીટરો મુકો. બંને કૅલોરીમીટરને વીજહીટરની સામે મુકો, જેથી



આકૃતિ P 10.1 (a) : કાળી સપાટી પરથી ઊષ્મીય વિકિરણના ઉત્સર્જનનો અભ્યાસ કરવાનું પ્રાયોગિક ગોઠવણ



આકૃતિ P 10.1 (b) : ચળકતી સપાટી પરથી ઊષ્મીય વિકિરણના ઉત્સર્જનનો અભ્યાસ કરવાની પ્રાયોગિક ગોઠવણ

તે બંનેને સમાન ઉષ્મા મળે. જો બારીમાંથી સારો સૂર્યપ્રકાશ આવતો હોય તો વૈકલ્પિક રીતે સૂર્યપ્રકાશમાં મૂકી શકાય.

4. પ્રવૃત્તિ (A) મુજબ સ્ટોપ ક્લૉકની મદદથી તાપમાન-સમયની માહિતી લો.

અવલોકનો

1. થર્મોમીટર Aની અવધિ = ... °C
2. થર્મોમીટર Aનું લઘુત્તમ માપ = ... °C
3. થર્મોમીટર Bની અવધિ = ... °C
4. થર્મોમીટર Bનું લઘુત્તમ માપ = ... °C

કોષ્ટક P 10.1 (a) : વિકિરણના ઉત્સર્જન માટે

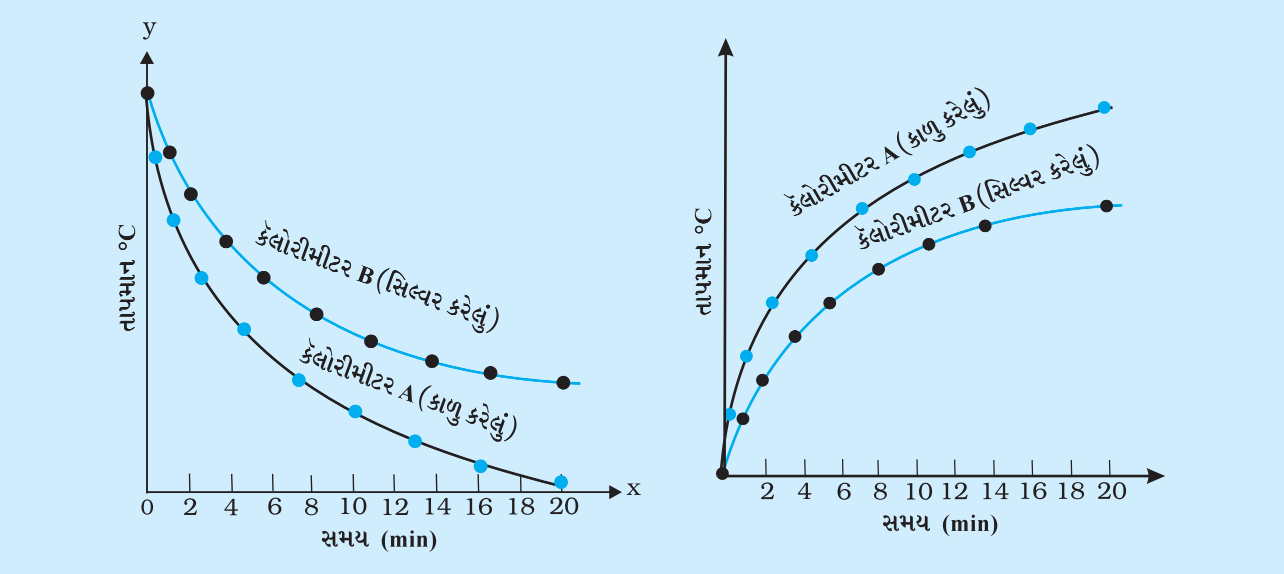
ક્રમાંક	કાળા કલરનો કૅલોરીમીટર		સફેદ કલરનો કૅલોરીમીટર	
	સમય (t) (minute)	પાણીનું તાપમાન (°C)	સમય (t) (minute)	પાણીનું તાપમાન (°C)
1				
2				
3				

કોષ્ટક P 10.1 (b) : વિકિરણના શોષણ માટે

ક્રમાંક	કાળા કલરનો કૅલોરીમીટર		સફેદ કલરનો કૅલોરીમીટર	
	સમય (t) (minute)	પાણીનું તાપમાન (°C)	સમય (t) (minute)	પાણીનું તાપમાન (°C)
1				
2				
3				

આલેખ

આકૃતિ P 10.2 (a) અને (b) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે, બંને કેલોરીમીટર માટે અને બંને-ઉત્સર્જન અને શોષણ માટે, સમય (x-અક્ષ પર) અને તાપમાન (y-અક્ષ પર)નો આલેખ દોરો.



આકૃતિ P 10.2 (a) : ઉષ્મીય વિકિરણના ઉત્સર્જન માટે તાપમાન વિરુદ્ધ સમયનો આલેખ

આકૃતિ P 10.2 (b) : ઉષ્મીય વિકિરણના શોષણ માટે તાપમાન વિરુદ્ધ સમયનો આલેખ

તારણ

1. સમાન તાપમાન અવધિમાં પ્રવૃત્તિ (A)ના બંને કિસ્સામાં મળતા ઠારણના દરની સરખામણી કરો. (કાળા/સફેદ) રંગવાળા કેલોરીમીટર ઉષ્માનો વધુ સારો ઉત્સર્જક છે.
2. પ્રવૃત્તિ (B) માં બંને કેલોરીમીટરના તાપમાનનો વધારો સરખાવો. એવુ જોવા મળે છે કે કેલોરીમીટર એ વિકિરણનો વધુ સારો શોષક છે.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. સંપૂર્ણ કાળી અથવા સંપૂર્ણ ચળકતી સપાટી ન પણ મળે.
2. પ્રવૃત્તિ દરમિયાન આસપાસના તાપમાનમાં ફેરફારો પણ આવે.

પરિયોજના 11

હેતુ

0.2 લોલકની મદદથી ઊર્જાના સંરક્ષણનો અભ્યાસ કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

હુક ધરાવતો એક ભારે ગોળો, દોરી, મીટરપટ્ટી, એક ખીંટી (પેન્સીલ અથવા 15 cm વાળી માપપટ્ટી), એક દૃઢ આધાર અને ક્લૅમ્પવાળું સ્ટેન્ડ.

સિદ્ધાંત

નાના સ્થાનાંતર (15° કરતા ઓછા) માટે l લંબાઈ અને m દ્રવ્યમાનવાળો સાદો લોલક પુનઃસ્થાપક બળ F = – mg sin θ ની અસર હેઠળ દોલનો કરે છે.

અહીં sin $\theta = \theta = \frac{x}{l}$

બળઅચળાંક $k = \frac{mg}{l}$

અને મહત્તમ ગતિ ઊર્જા $KE = \frac{1}{2}kx^2$

વર્ણન

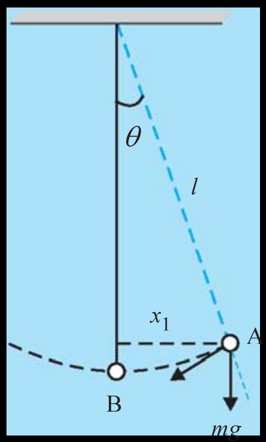
ખીંટી P વડે, કોઈ પણ બિંદુએ, સાદા લોલકના દોલનોને બે ભાગમાં મર્યાદિત કરીએ તો તે રચના દ્વિલંબાઈવાળું લોલક બને. ગતિના પ્રથમ અર્ધભાગ દરમિયાન m દ્રવ્યમાનવાળા ગોળા માટે સ્થાન A આગળ લંબાઈ l_1 અને સ્થાનાંતર x_1 થાય અને પછીના અડધા ભાગ દરમિયાન તેની લંબાઈ l_2 અને સ્થાનાંતર x_2 થાય. સ્થાન B પર m દ્રવ્યમાનવાળા ગોળાની ગતિઊર્જા સમાન થાય. તેથી, ઊર્જા સંરક્ષણ પ્રમાણે,

$$\frac{1}{2}k_1x_1^2 = \frac{1}{2}k_2x_2^2$$

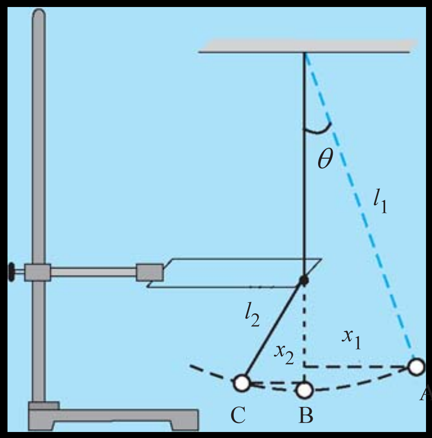
(P 11.1) અથવા $$\frac{l_1}{l_2} = \frac{x_1^2}{x_2^2}$$

આ સંબંધ (સમીકરણ (P 11.1)) ખીંટી Pના જુદા જુદા સ્થાનો માટે ચકાસી શકાય.

પરિયોજના 11



આકૃતિ P 11.1 **:** સાદુ લોલક



આકૃતિ P 11.2 **:** દ્વિ-લંબાઈ લોલક

પદ્ધતિ

1. ભારે ગોળાનો ઉપયોગ કરી એક સાદુ લોલક બનાવો. ગોળાને A સ્થાનેથી હળવેથી છોડો અને મીટરપટ્ટી વડે મહત્તમ સ્થાનાંતર x_1 માપો. (આકૃતિ P 11.1).
2. ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડ પર સમક્ષિતિજ રહે તેવી રીતે એક ખીંટી P (એક પેન્સીલ અથવા 15 cm વાળી માપપટ્ટી) લગાવો અને તેને દોલન કરતા લોલકની દોરીના સંપર્કમાં લાવો. જ્યારે દોરી ઉર્ધ્વ હોય એટલે કે લોલક મધ્યમાન સ્થાને હોય ત્યારે ખીંટી લોલકની ગતિમાં અવરોધ કરે તેવું હોવું જોઈએ. (આકૃતિ P 11.2).
3. ખીંટી પર અટક્યા પછીના દોલનના ભાગ માટે લોલકની અસરકારક લંબાઈ ઘટી જાય છે. (આકૃતિ P 11.2).
4. જ્યારે ગોળો બિંદુ C એ પહોંચે ત્યારનું મહત્તમ સ્થાનાંતર x_2 મીટર માપપટ્ટી વડે માપો.
5. ખીંટી Pના જુદા જુદા સ્થાનો માટે પદ 2થી 4નું પુનરાવર્તન કરો.
6. આ અવલોકનોને કોષ્ટકમાં નોંધો અને દરેક કિસ્સામાં $\frac{l_1}{l_2}$ અને $\frac{x_1^2}{x_2^2}$ ગણો.
7. સમાનતા $\frac{l_1}{l_2} = \frac{x_1^2}{x_2^2}$ સ્થાપો.

અવલોકનો અને ગણતરીઓ

સાદા લોલકની લંબાઈ l = ... cm

ક્રમાંક	ગોળાનું સ્થાનાંતર		લોલકની લંબાઈ		$\frac{l_1}{l_2}$	$\frac{x_1^2}{x_2^2}$
	સ્થાન A પર x_1 (cm)	સ્થાન B પર x_2 (cm)	સ્થાન A પર l_1 (cm)	સ્થાન B પર l_2 (cm)		
1						
2						
3						
4						

પરિણામ

ઊર્જાના સંરક્ષણ મુજબના આધાર પર $\frac{l_1}{l_2} = \frac{x_1^2}{x_2^2}$ સાચું છે તેમ કહી શકાય.

નિદર્શનો
DEMONSTRATIONS

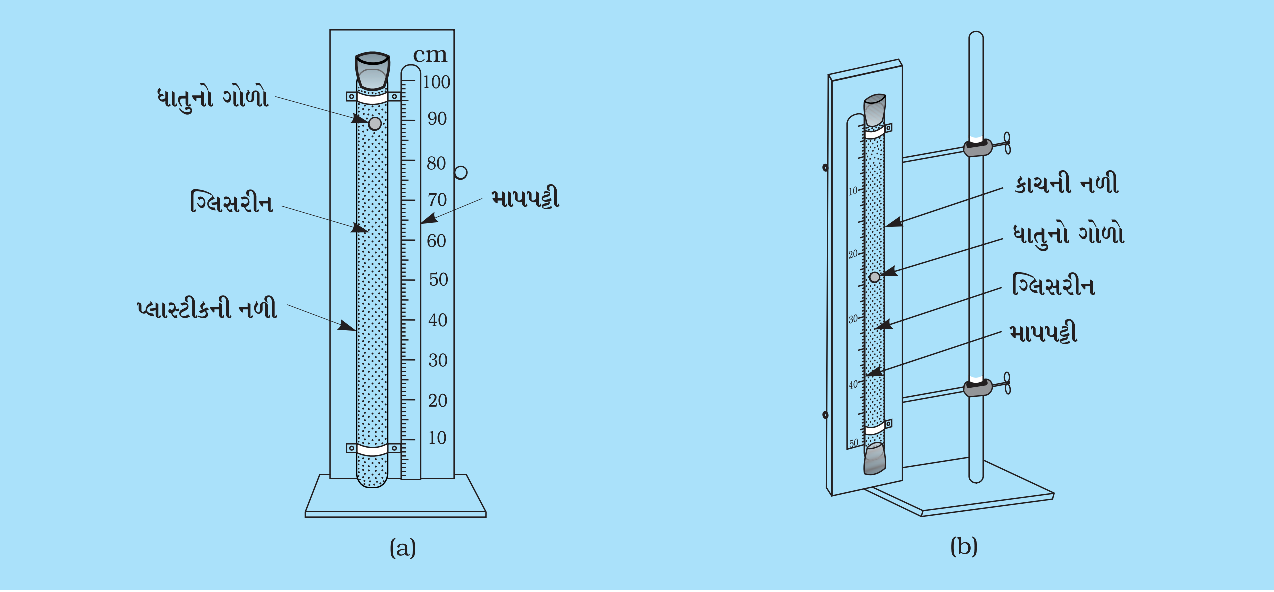
નિદર્શન 1

સુરેખ પથ પર નિયમિત (અચળવેગી) ગતિનું નિદર્શન કરવું.

ઘર્ષણબળ સહજ હોવાથી મુક્તપણે ગતિ કરતા પદાર્થની નિયમિત ગતિનું નિદર્શન કરવું મુશ્કેલ હોય છે. પણ જ્યારે પદાર્થ પર લાગતા બળોને સમતોલવામાં આવે તો નિયમિત ગતિનું નિદર્શન શક્ય બને છે.

(a) ગ્લિસરીન અથવા દિવેલ ભર્યું હોય તેવી કાચની અથવા પ્લાસ્ટીકની નળીમાં પદાર્થની નિયમિત ગતિનું નિદર્શન

આશરે 10 mm ધારનો વ્યાસ અને 1 m લંબાઈ ધરાવતી કાચની અથવા પ્લાસ્ટીકની નળી લો. તેને એક છેડા પર બૂચ લગાવી બંધ કરો. તેમાં ઉપરની ધાર સુધી ગ્લિસરીન અથવા દિવેલ ભરી દો. આ નળીમાં 3 mm વ્યાસ ધરાવતો સ્ટીલનો ગોળો અથવા બીડનો છરો દાખલ કરો અને નળીને બૂચ મારો જેથી હવાનો કોઈ પરપોટો રહી ન જાય. 7.5 થી 10 cm પહોળાઈ ધરાવતી અને ખૂણા પર ધાતુના ટેકા ધરાવતા લાકડાની બેઠક (આધારતલ - Base) લો. લાકડાના આ પાટીયાને સફેદ રંગ કરવો અથવા તેના પર સફેદ કાગળ ચોંટાડવો. આ લાકડાના પાટિયા પર ધાતુના ટેકાની મદદથી નળી ગોઠવવી. ફ્લોરેસેન્ટ (flourescent) નળીના તલને મૂકીએ તે રીતે પાટીયા પર કાળી અથવા ભુરા રંગ અથવા શાહીથી 10 cm સમાન અંતરે કાપા કરવા. (આકૃતિ D 1.1 (a)).



આકૃતિ D 1.1 : **બે સમતોલીય બળની અસર હેઠળ ગોળાનું નિયમિત સુરેખીય ગતિનું નિદર્શન (a) 1 m લાંબું નિદર્શનનું સાધન (b) 50 cm લાંબું ઓછા ખર્ચવાળું સાધન**

નિયમિત ગતિનું નિદર્શન કરવા માટે આ નળીને ઉર્ધ્વ રાખો. દર 10 cmના અંતરને કાપતા કેટલો સમય લાગે છે તે નોંધવાનું વિદ્યાર્થીને કહો. નળીને વારંવાર ઊંધી કરીને આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. જો 10 cm વાળા ભાગને 1 અથવા 2 cm વાળા ભાગ પાડીએ તો ભારપૂર્વક કહી શકાય કે દરેક ક્રમિક ભાગનું અંતર કાપવા સમાન સમય લાગે.

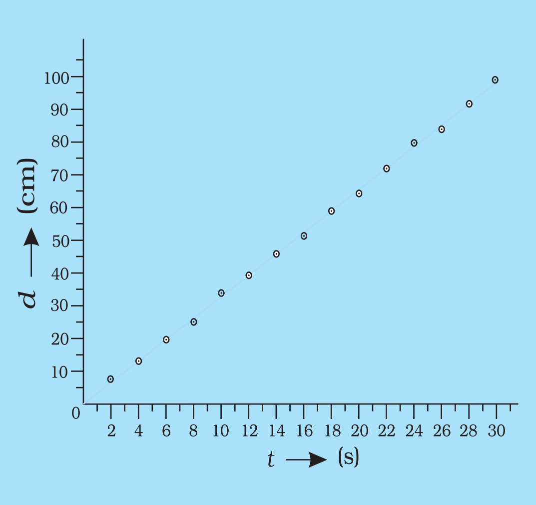
આ નિદર્શન અડધા મીટર લાંબી કાચની નળી અને અડધા મીટરની માપપટ્ટીથી પણ થઈ શકે. તેને ઉર્ધ્વ રીતે લેબોરેટરી સ્ટેન્ડ પર જડી શકાય. (આકૃતિ D 1.1 (b)). અહીં વિદ્યાર્થીને ગોળાનો 1 cm અંતર કાપતા લાગતો સમય શોધવાનું કહેવાય.

નળીને સહેજ આશરે 5° ઢોળાવ આપવો જેટલો. તેના ફાયદાઓ નીચે મુજબ છે.

(i) ગોળો માપપટ્ટીની નજીક ગતિ કરે તેથી તેના સ્થાનનું અવલોકન કરતા આવતી દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની (Parallex) ત્રુટિમાં ઘટાડો થાય.

(ii) નળીની દીવાલના સંપર્કમાં ગતિ કરતા ગોળા માટે સંપૂર્ણ ગતિ દરમિયાન સમાન પરિસ્થિતિ રહે છે. જો તમે ગોળાને નળીના મધ્યમાં એટલે કે તેની અક્ષ પર ગતિ કરાવવા માંગતા હો તો નળીને બહુ ચોક્સાઈથી ઉર્ધ્વ દિશામાં ગોઠવવી પડે.

આ નિદર્શન અડધા મીટરની નળી સાથે વધુ અસરકારક રીતે કરવા માટે વિદ્યાર્થીને એવી પ્રણાલી બનાવવા માટે પ્રોત્સાહિત કરવા કે જેમાં તેઓ ગોળાએ કાપેલું અંતર અને તેના માટે લાગતો સમય તે બંને એક સાથે નોંધી શકે. તેના માટે એક વિદ્યાર્થી નળીની એકદમ પાસે ઊભો રહી, જ્યારે જ્યારે ગોળો ક્રમિક સમાન અંતર પર આવેલ માર્ક પરથી પસાર થાય, ત્યારે ત્યારે તે બીજા વિદ્યાર્થીને ટેબલ પર હાથ ધીમેથી પછાડીને ઈશારો કરે. બીજો વિદ્યાર્થી જ્યારે જ્યારે ટેબલ પર અવાજ આવે ત્યારે ત્યારે સ્ટોપ ક્લૉકમાંનો સમય જોરથી બોલે (સ્ટોપ ક્લૉકને રોક્યા વગર) ત્રીજો વિદ્યાર્થી જ્યારથી માપન શરૂ થાય ત્યારથી સમય અને અંતરના અવલોકનો નોંધતો જાય. વિદ્યાર્થીઓ અંતર-સમયનો આલેખ દોરે અને તેના પ્રકૃતિની ચર્ચા કરે. (આકૃતિ D 1.1 (c)).



આકૃતિ *D 1.1 (c)* : ગ્લિસરીનમાં ધાતુના ગોળાની ગતિ માટે અંતર-સમયનો આલેખ

આ સંકલિત પ્રવૃત્તિ દરમિયાન જો પ્રથમ વિદ્યાર્થી, ઈશારો કરવાનું ભૂલી જાય તો જોરથી "missed" એમ કહે અને જો ખોટા સમય પર ઈશારો આપ્યો હોય, તો "wrong" એમ કહે.

* આ પ્રયોગમાં, શરૂઆતમાં થોડા સમય માટે ગોળો પ્રવેગિત ગતિ કરે છે અને પછી અંતિમ વેગ u_0 પ્રાપ્ત કરે છે. તેમનો સંબંધ $u = u_0 (1-e^{-t/T})$. કોઈ ચોક્કસ અંતિમ વેગ $u_0 = 3$ cms^{-1}, માટે સમય અચળાંક $T = 0.003$s. આમ, પ્રવેગિત ગતિ માટે સમય ગાળો ખૂબ જ સૂક્ષ્મ હોવાથી, તે માટે કોઈ ચિંતા કરવા જેવું નથી.

જો ક્રમિક અવલોકનો વચ્ચેનો સમયગાળો પૂરતો હોય, તો બે વિદ્યાર્થીઓ પણ આ માહિતી નોંધી શકે.

આમાં બીજો વિદ્યાર્થી ત્રીજા વિદ્યાર્થીનું કામ કરી લે છે. થોડી પ્રેક્ટિસ કરો, ડાબા હાથમાં ઘડિયાળ ગોળાની પાસે રાખી, એક જ વિદ્યાર્થી પણ અવલોકનો લઈ શકે અને આને વ્યક્તિગત પ્રવૃત્તિ તરીકે લઈ શકાય.

ગ્લિસરીનમાં પૂરતા પ્રમાણમાં પાણી ભેળવીને ગોળાની ગતિ બહુ ધીમી નહિ અને બહુ ઝડપી પણ નહિ તેવી ગોઠવી શકાય. બહુ ધીમી ગતિ કરવાથી વર્ગમાં કંટાળો આવે અને બહુ ઝડપી કરવાથી અવલોકનો નોંધવામાં તકલીફ થાય.

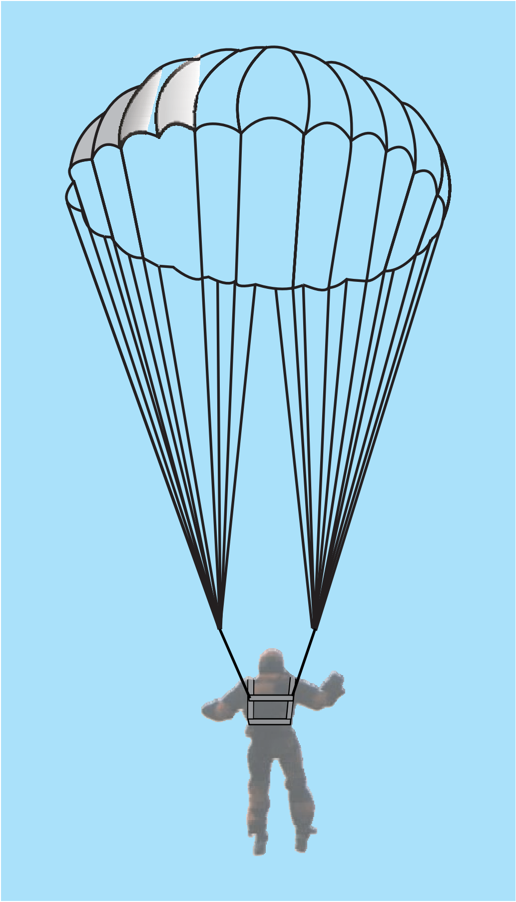
(b) બ્યુરેટ (Burette) વાપરીને

આ નિદર્શન એક લાંબી બ્યુરેટની મદદથી પણ કરી શકાય. તેની પોતાની માપપટ્ટી પણ હોય છે. પણ ક્લાસમાં પાછળ બેઠેલા વિદ્યાર્થીઓને આ જોવામાં મુશ્કેલી નડી શકે. વળી, ઉપરની બાજુ ખુલ્લી હોય છે, એટલે આમાં પણ સમાન વ્યાસવાળા વધુ ગોળા હોવા જોઈએ. જો સમાન કદના અનેક ગોળા ઉપલબ્ધ હોય, તો નિદર્શન (A)માં પણ નળીનો ઉપરનો ભાગ ખુલ્લો રાખી શકાય. જો કે આમાં સૌથી મુશ્કેલ ભાગ પરપોટા રહી ન જાય તે રીતે નળી બંધ કરવાનું છે.

ઉપર ચર્ચા કર્યા મુજબ બ્યુરેટ સાથેનું નિદર્શન પણ વધુ અસરકારક રીતે કરી શકાય.

નોંધ :

1. સ્ટીલના ગોળાના અચળ વેગથી અધોગતિ કરવાના નિદર્શન પછી વર્ગખંડમાં ચર્ચા કરતી વખતે ઊભો થતો એક મહત્ત્વનો પ્રશ્ન - 'કયા બે સમતોલ બળોની અસર હેઠળ તે અચળ વેગથી ગતિ કરે છે ?' એક તો પરિણામી વજન કે જેની અસર હેઠળ તેનો વેગ વધે છે. જેમ જ્યાં સુધી અવરોધક બળ વજનબળને સમતોલે નહિ ત્યાં સુધી વેગના વધારા સાથે ગોળા પર ઉર્ધ્વ દિશામાં લાગતું અવરોધક બળ વધતું જાય છે, પછી ગોળો અંતિમ વેગ મેળવે છે અને તે વેગ લગભગ અચળ રહે છે.
2. ઘણી બધી રોજીંદી પરિસ્થિતિઓમાં જોવા મળે છે કે કોઈ પણ પદાર્થ પ્રવાહીમાં નિયમિત ગતિ કરતા ગોળાની જેમ જ નિયમિત ગતિ કરે છે.
   (a) વિમાનમાંથી પેરેશુટ લઈને કુદેલો માણસ જ્યારે અધોગતિ કરે ત્યારે પેરેશુટ પર લાગતો હવાનો અવરોધક બળ તેના વજનને સમતોલે છે. આ કિસ્સામાં તે અચળ વેગથી નીચે આવે છે. આ કિસ્સામાં હવાની સમક્ષિતિજ ડ્રીફ્ટને ધ્યાનમાં લેતા નથી. (આકૃતિ D 1.2).
   (b) નાના બાળકો ઘણી વાર પેરાશુટવાળું રમકડું રમતા હોય છે. તેને પહેલા ઉપર ફેંકવામાં આવે છે અને પછી એ નીચે આવે ત્યારે પેરાશુટમાં આવતા પેરા ટ્રુપર જેવી ગતિ કરે છે.
   (c) બેડમિંટન રમવામાં વપરાતું શટલકૉક (Shuttle cock) ઉર્ધ્વ દિશામાં મારવામાં આવે છે, તે જ્યારે નીચે આવે ત્યારે અચળ ગતિએ જ નીચે આવતું જોવા મળે છે. (જો હવા ન હોય તો).



આકૃતિ D 1.2 : **પેરેશુટની અધોગતિ લગભગ નિયમિત હોય છે.**

3. આ નિદર્શન પ્રવાહીની શ્યાનતા શોધવામાં વપરાતા સાધનની મદદથી સ્ટોક્સના નિયમ વડે પણ કરી શકાય. સુરેખ પથ પર અચળ વેગી ગતિના નિદર્શન સહેલું અને વધુ સારી રીતે થાય તે માટે -

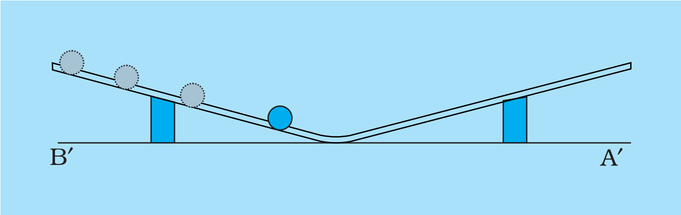
   (a) ગોળાનું સ્થાન નોંધવા માપપટ્ટી વાપરવી.

   (b) નળીને સમક્ષિતિજ બાજુ થોડી ઢળતી રાખવી.

નિદર્શન 2

ઢોળાવવાળા રસ્તા પર દડાની ગતિનું નિદર્શન કરવું.

50 cm લાંબુ અને એક બાજુ પર 2 થી 3 cm ઊંચાઈવાળો ઢોળાવવાળો સમતલ બનાવવો. વૈકલ્પિક રીતે, બમણા ઢોળાવવાળો ટ્રેક લઈ તેના બે છેડા જોડીને એક સમતલ બનાવવીએ. તેના છેડાને 2 cm જેટલી ઓછી ઊંચાઈ આપી સહેજ ઢોળાવ આપવો. આના માટે લાકડાનો બ્લૉક અથવા એક ચોપડી લેવી. (જુઓ આકૃતિ D 2.1). હવે, દર 0.5 સેકન્ડે ધ્વનિ સિગ્નલ ઉત્પન્ન કરે એવું મેટ્રોનોમ (metronome) વાપરો. (મેટ્રોનોમ એટલે એવું સાધન જે આપણે ઇચ્છિએ એ પ્રમાણે અમુક સમય અંતરે ધ્વનિ અથવા ક્લિક અથવા કોઈ પણ ઇચ્છિત અવાજ ઉત્પન્ન કરે). દડાને ઢોળાવના ઉપરના છેડે રાખવો. તેને કોઈ એક સિગ્નલ(0th signal કહીએ) પર મુક્ત કરવો. વિદ્યાર્થીઓને તે દડાનું સ્થાન પહેલા સિગ્નલ, બીજા સિગ્નલ, ત્રીજા સિગ્નલ અને ચોથા સિગ્નલ પર નોંધવાનું કહો. આ માટે ક્લાસના વિદ્યાર્થીઓને ચાર ગ્રુપમાં વહેંચી કાઢો. બ્લેકબોર્ડ પર આકૃતિ દોરી તેઓને અગાઉથી સમજાવી દો કે પહેલું જૂથ પ્રથમ સ્થાન નોંધશે, બીજુ જૂથ બીજુ સ્થાન નોંધશે અને એ જ પ્રમાણે ત્રીજુ અને ચોથું જૂથ તેમનું કામ કરશે.



આકૃતિ D 2.1 : **ડબલ ઢોળાવવાળા સમતલ પર ગોળાની ગતિ**

નિદર્શન પત્યા પછી દરેક જૂથમાં એકથી વધુ જુદા જુદા અવલોકનો હશે તો દરેક જૂથમાં એક વિદ્યાર્થીને તેના જૂથના બધાંજ અવલોકનો લઈ તેની સરાસરી કરીને બોર્ડ પર લખી દે. જોવા મળશે કે દર અડધી સેકન્ડે દડાએ કાપેલ અંતરનો વધારો સમાન હશે.

નોંધ :

1. મેટ્રોનોમ ન હોય તો, ઘડિયાળનું લોલક અથવા લેબોરેટરીના સ્ટેન્ડ પર લટકાવેલું 25 cm લંબાઈવાળું લોલક, જ્યારે અંતિમ બિંદુ પર આવે ત્યારે કોઈ એક વ્યક્તિએ ટેબલ પર હાથ પછાડવો.
2. જો સ્ટ્રોબ લાઇટ (strobe-light) પ્રાપ્ય હોય તો તેનો ઉપયોગ કરી ઢોળાવ પર ગતિ કરતા ગોળાને પ્રકાશિત કરી શકાય, તો વિદ્યાર્થીઓ જોઈ શકે છે કે સમાન સમયગાળામાં ગોળો ક્રમિક લાંબા અંતરો કાપે છે.

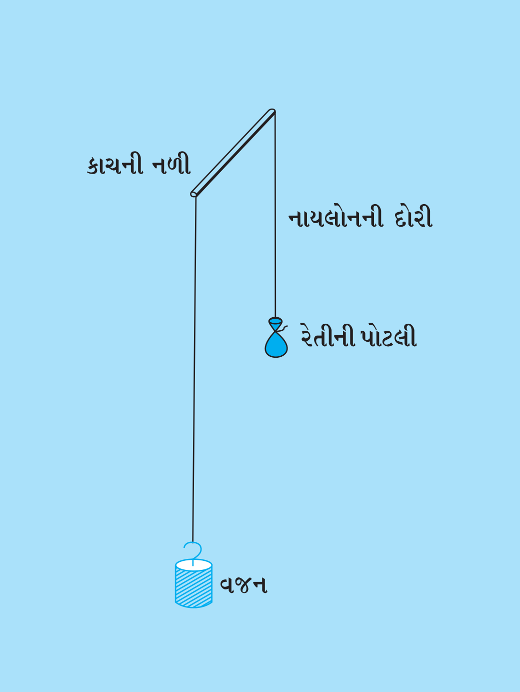
નિદર્શન 3

વર્તુળાકાર પથ પર અચળ વેગથી ગતિ કરવા માટે કેન્દ્રગામી બળ જરૂરી હોય છે અને આ બળનું મૂલ્ય કોણીય વેગના વધારા સાથે વધે છે તેવું નિદર્શન કરવું.

(a) કાચની નળી અને ખાંચાવાળા વજનીયાંના ઉપયોગથી

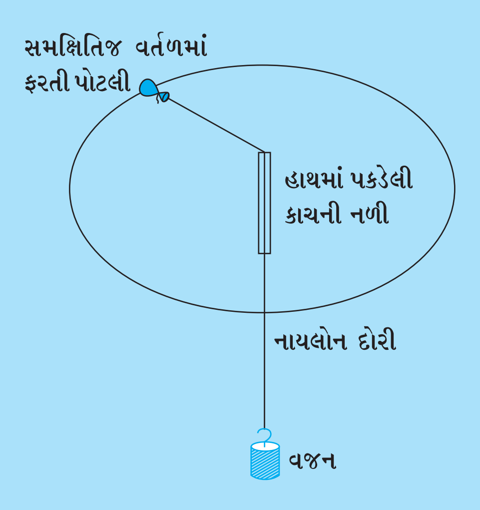
15 cm લાંબી અને 10 mm બાહ્ય વ્યાસ ધરાવતી કાચની નળી લો. જ્યોત પર તેના છેડા ગરમ કરી લીસા બનાવવા. 1.5 m લાંબી રેશમ (silk) અથવા નાયલોન (nylon) ની દોરી નળીમાંથી પસાર કરવી. તે દોરીનો એક છેડા પર રેતીની નાની પોટલી અથવા રબરનું સ્ટોપર બાંધવું. દોરીના બીજા છેડા પર વજન W લટકાવવું. (Wનું વજન રેતીની પોટલી અથવા રબરના સ્ટોપર કરતા 3થી 10 ગણું હોવું જોઈએ.) પહેલા કાચની નળીને ઉઠાવતા વજન જમીન પર રહેશે અને પોટલી હવામાં આવશે. (આકૃતિ D 3.1).

હવે કાચની નળીને એક હાથમાં બરાબર પકડીને બીજા હાથમાં વજન (W) રાખીને રેતીની કોથળીને સમક્ષિતિજ વર્તુળમાં ચાકગતિ કરાવો. જ્યારે કોથળીની ગતિની ઝડપ પૂરતી વધારે થશે ત્યારે વજન (W) ને ટેકો આપવાની જરૂર નહિ પડે અને તે મુક્તપણે લટકશે. ચાકગતિની ઝડપને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી વજન (W) નું સ્થાન અચળ રહે. આ સ્થિતિમાં પોટલી અથવા સ્ટોપરની ચાકગતિ ચાલું રહે તેના માટે જરૂરી કેન્દ્રગામી વજન W આપે છે. (આકૃતિ D 3.2). જો ગતિની ઝડપ વધારીએ તો વજન ઉપર જાય અને ગતિની ઝડપ ઓછી કરીએ તો તે નીચે આવે. શા માટે ?



આકૃતિ D 3.1 : કાચની નળીમાંથી પસાર થતી દોરીના એક છેડે લગાવેલ વજન બીજા છેડે લટકાવેલ રેતીની પોટલી કરતા ઘણું ભારે છે.

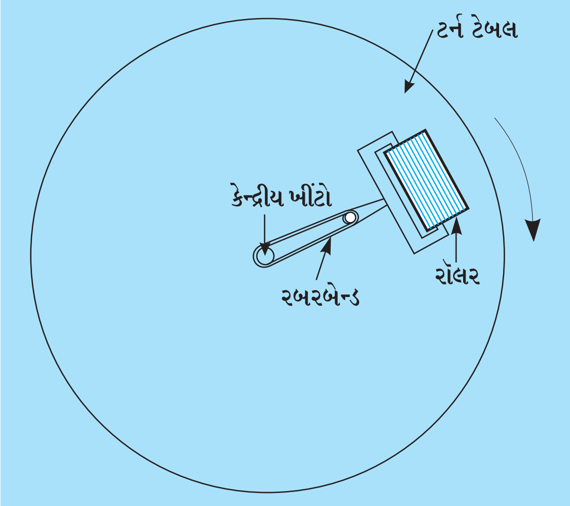
સુરક્ષા ખાતર આપણે રેતીની પોટલી અથવા રબરનું સ્ટોપર વાપરીએ છે કારણ કે જો દોરી તુટે તો આ વસ્તુ કોઈને હાનિ ન પહોંચાડે. બીજું કે કાચની નળીને ટેપથી બેવાર વીંટાળીએ જેથી નિદર્શન દરમિયાન કાચની નળી તુટે તો પકડનારના હાથમાં ઈજા ન થાય.



આકૃતિ D 3.2 : રેતીની પોટલીને અમુક ઝડપથી ફેરવતા વજન ટેબલથી ઉપર આવે છે; તેનું વજન જરૂરી કેન્દ્રવર્તીબળ આપવા સક્ષમ હોય છે.

(b) રોલર અને ટર્નટેબલ (Turntable)નો ઉપયોગ

જો ટર્નટેબલ (ચાકગતિ કરી શકતું વર્તુળાકાર પાટીયું) અથવા કુંભારનો ચાકડો મળતો હોય તો તેને કેન્દ્રગામી બળના નિદર્શન માટે વાપરી શકાય. એક રોલર ટર્નટેબલ પર એવી રીતે મુકવું કે જેથી તેની ફ્રેમ ટર્નટેબલના મધ્ય ખીંટી (Control peg) સાથે રબર બેન્ડ વડે જોડાયેલી હોય. (આકૃતિ D 3.3) રોલર કેન્દ્રથી ત્રિજ્યાવર્તી અંદર યા બહાર રોલ કરી શકે તેવી વ્યવસ્થા ગોઠવી છે. પહેલા ટર્નટેબલને ધીમી ગતિ 16 ભ્રમણ પ્રતિમિનિટથી ચાકગતિ કરાવીએ. રબરનું ખેંચાણ એ ત્રિજ્યાવર્તી રીતે બહારની દિશામાં લાગતું બળ દર્શાવે છે. જેમ ઝડપ વધારીએ જેમકે 33 r.p.m., 45 r.p.m. અથવા 78 r.p.m., (r.p.m. → ભ્રમણ પ્રતિમિનિટ), તેમ રબરમાં ખેંચાણ વધે, જે દર્શાવે છે કેન્દ્રગામી બળનું મૂલ્ય વધ્યું છે. નોંધનીય છે કે જેમ કોણીય ઝડપ વધે તેમ રોલરના ગતિપથની ત્રિજ્યા પણ વધે છે. આવું રબર બેન્ડની લંબાઈના વધારાના કારણે થાય છે.

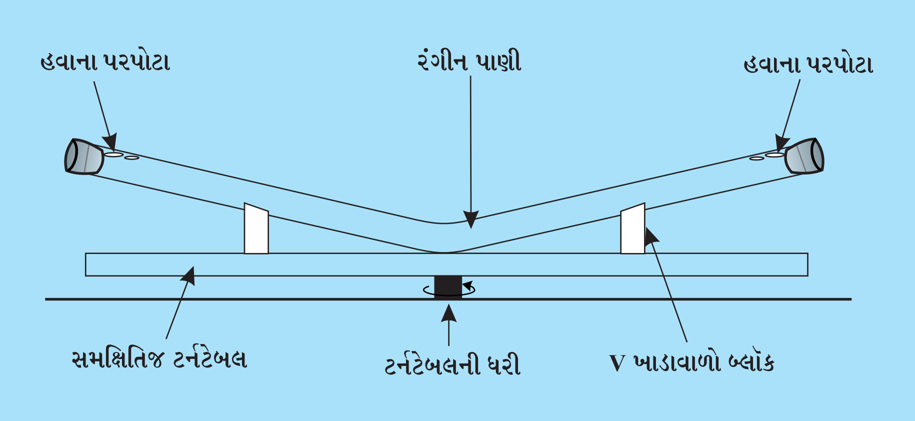


આકૃતિ D 3.3 : રબર બેન્ડની લંબાઈમાં વધારો રોલર પર લાગતું કેન્દ્રવર્તી બળ સૂચવે છે.

નિદર્શન 4

કેન્દ્રત્યાગી સિદ્ધાંતનું નિદર્શન કરવું.

10 થી 15 mm વ્યાસવાળી નળીને વચ્ચેથી વાળવી જેથી આશરે 160° નો ખૂણો બને. તેમાં હવાનો પરપોટો રહે તેવી રીતે રંગીન પાણી ભરો. નળીના બંને છેડા રબરના સ્ટોપરની મદદથી બંધ કરવા. આ નળીના બંને છેડા સમક્ષિતિજ સાથે 10° નો ઢોળાવ બનાવે તેવી રીતે ટર્નટેબલ પર ગોઠવો. ટર્નટેબલ સમક્ષિતિજ રહેવું જોઈએ. નળીનો સૌથી નીચેનો ભાગ ટર્નટેબલના મધ્યમાં આવેલા ખીલા સાથે જોડાય તેવી રીતે ગોઠવવો. (આકૃતિ D 4.1). આ સમયે હવાનો પરપોટો નળીની કોઈ એક અથવા બંને બાજુઓ પર આવી જશે



આકૃતિ D 4.1 : ટર્નટેબલના મધ્યમાં ખીંટા સાથે મધ્યથી જોડાયેલી વળેલી કાચની નળી જેમાં હવાના પરપોટા સાથે પ્રવાહી ભરેલું હોય

હવે ટર્નટેબલને ક્રમશઃ વધતા વેગ જેમકે 16 r.p.m, 33 r.p.m, 45 r.p.m. અને પછી 78 r.p.m. એવી રીતે ચાકગતિ કરાવો. જેમ ચાકગતિની ઝડપ વધશે તેમ પરપોટો કેન્દ્ર તરફ એટલે કે નળીના નીચેના ભાગ તરફ ગતિ કરશે.

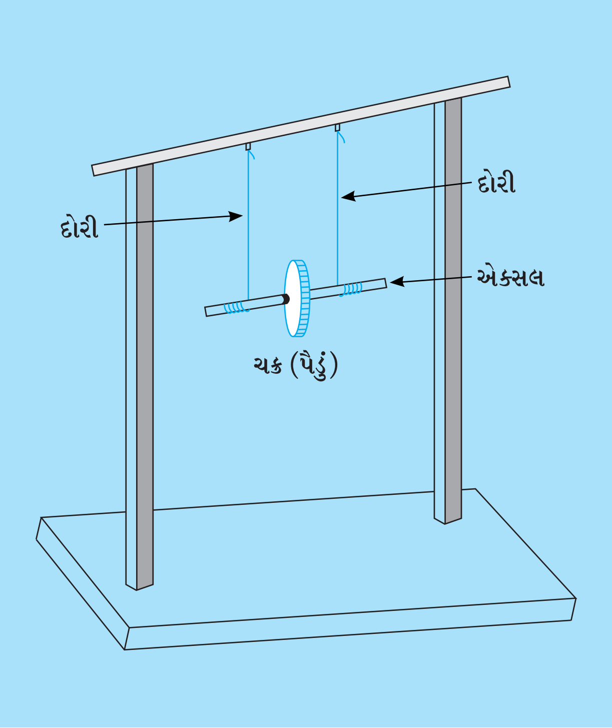
ચાકગતિ કરતું ટર્નટેબલ એ પ્રવેગિત નિદર્શફ્રેમ છે. તેના દરેક બિંદુએ પ્રવેગ કેન્દ્ર તરફ હોય છે. માટે આ નિદર્શ ફ્રેમમાં સ્થિર સ્થિતિમાં રહેલો પદાર્થ બહારની તરફ બળ અનુભવે છે. નળીમાં આપેલા પાણીનો દરેક અણુ આવો બળ અનુભવે છે. આ બળની અસર હેઠળ ભારે પદાર્થ બહારની તરફ ગતિ કરે અને હલકો પદાર્થ અંદર તરફ ગતિ કરે.

નિદર્શન 5

સ્થિતિઊર્જા અને ગતિઊર્જાના આંતરપરિવર્તન (પરસ્પર રૂપાંતરણ)નું નિદર્શન કરવું.

આકૃતિ D 5.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મેક્સવેલના ચક્ર વડે ગતિઊર્જા અને સ્થિતિઊર્જાનું આંતરપરિવર્તન વધુ સહેલાઈથી નિદર્શીત કરી શકાય. તેમાં એક લાંબી એક્સેલ (axle - અક્ષ) એક ચક્રના મધ્યમાંથી પસાર થતી હોય તેવી રીતે દૃઢપણે જડી હોય છે. આ ચક્રને તેની બંને બાજુએ એક્સલ સાથે બે સમાન લંબાઈવાળી દોરી વડે લટકાવવામાં આવે છે. સૌથી નીચેના સ્થાને દોરી વચ્ચેનું અંતર થોડું વધારે હોય છે જ્યારે સૌથી ઊંચા સ્થાને (કે જ્યાંથી ચક્રને લટકાવ્યું છે) ત્યાં દોરી વચ્ચેનું અંતર ઓછું હોય છે.

બંને બાજુ અક્ષ પર દોરી વિંટળાઈ જાય તેવી રીતે ચક્રને ભ્રમણ કરાવતા કરાવતા ઉપર લઈ જવામાં આવે છે. જેમ ચક્ર ઉપર જાય તેમ તેને સ્થિતિઊર્જા મળે છે. જ્યારે ચક્રને છોડીએ તો આ સ્થિતિઊર્જા ગતિઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે અને ચક્ર ભ્રમણ કરતું નીચે આવે છે. જ્યારે ચક્ર સૌથી નીચેના સ્થાન પર પહોંચે ત્યારે બંને દોરી ખુલી થાય છે. આ સ્થાને ચક્ર પાસે બધી જ ઊર્જા ગતિઊર્જાના સ્વરૂપમાં હોય છે. તેથી દોરી વિરુદ્ધ દિશામાં વિંટળાવા લાગે છે. એટલે કે ચક્ર પાછું ઉપર જવા લાગે છે. આ ગતિઊર્જાનું સ્થિતિઊર્જામાં રૂપાંતર દર્શાવે છે.



આકૃતિ D 5.1 : મેક્સવેલનું ચક્ર

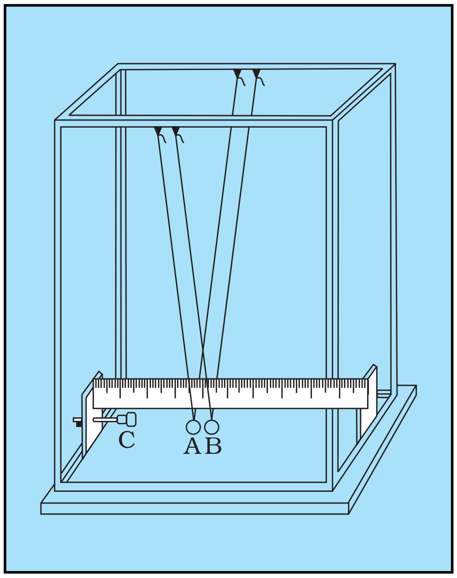
નોંધ : ચક્રના ઉપર અને નીચે ગતિ કરવામાં ઊર્જાનો વ્યય ઓછો રહે તે માટે દોરીઓ સમાન, લવચીક અને અવિસ્તરણીય હોવી જોઈએ.

નિદર્શન 6

વેગમાનના સંરક્ષણનું નિદર્શન કરવું.

સમાન લંબાઈ અને જુદા પદાર્થના ગોળા ધરાવતા બે બાઈફીલર (bifilar) લોલકની મદદથી વેગમાનનું સંરક્ષણ નિદર્શીત કરી શકાય. (આકૃતિ D 6.1). બંને લોલકના આવર્તકાળ સમાન છે. તેમની સ્થિર સ્થિતિમાં બંને લોલકના ગોળા A અને B એકબીજાને અડકે છે. વળી, જે દોરી વડે તેમને લટકાવ્યા છે તે દોરી પરસ્પર સમાંતર છે.

ગોળા A ને લાકડાની પટ્ટીની મદદથી સંદર્ભ ખીલા C ને અડકે તેટલું સ્થાનાંતરિત કરવામાં આવે છે. માપપટ્ટી પર સ્થાનાંતર a નોંધવામાં આવે છે. પટ્ટીને હટાવતા ગોળો A તેના સ્થિર સ્થાન તરફ ગતિ કરવા લાગે છે અને ગોળા B ને અથડાય છે. સંઘાત બાદ બંને ગોળા A અને B નું સ્થાનાંતર અનુક્રમે a' અને b' નોંધવામાં આવે છે. ગોળા B ની જમણી બાજુએ માપપટ્ટી પર એક રાઈડર (rider) મુકવામાં આવે છે. જેમ ગોળો B સ્થાનાંતર b' કરે તેમ તે રાઈડરને ધકેલતો જાય છે. હવે, A નું સીધું અવલોકન અને B માટે રાઈડરનું અવલોકન બંનેના સ્થાનાંતર સહેલાઈથી આપે છે.



આકૃતિ D 6.1 **: બાઈફીલર લોલક**

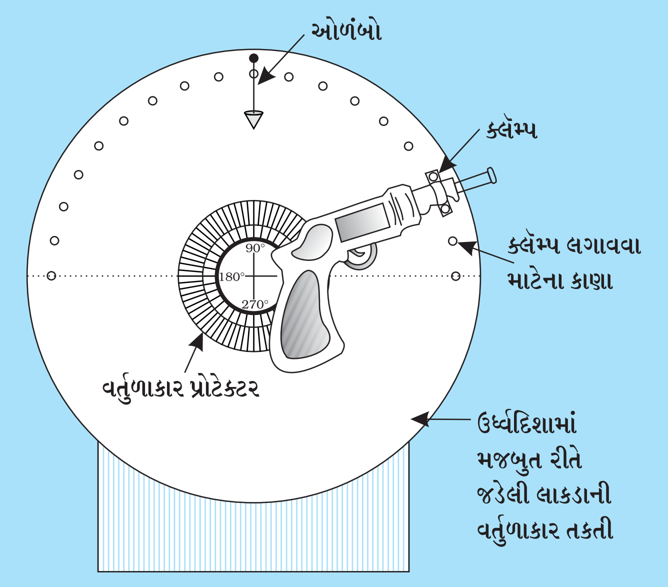
બંને ગોળાના દ્રવ્યમાન m_A અને m_B માપવામાં આવે છે. સંઘાતના પહેલા અને પછી ગોળાઓના વેગ તેમના સ્થાનાંતરના સમપ્રમાણમાં હોય છે. બંને ગોળાનો આવર્તકાળ સમાન હોવાથી, મધ્યમાન સ્થાને તેમનો વેગ = કંપવિસ્તાર $\times \frac{2\pi}{T}$ થાય. એટલે જ સંઘાત પહેલા અને પછીના તેમના વેગમાન સમાન હોવાનું સુચવે છે કે $m_A a = m_A a' + m_B b'$

a, a' અને b' માપેલું હોવાથી ઉપરના સમીકરણની સત્યાર્થતા ચકાસી શકાય છે. (a' અને b' સંઘાત પછીના સ્થાનાંતર છે.)

નિદર્શન 7

પ્રક્ષિપ્તકોણની પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિ પરની અસરનું નિદર્શન કરવું.

પ્રક્ષિપ્તકોણની સાથે પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિના ફેરફારો બેલેસ્ટીક પિસ્તોલ અથવા રમકડાની બંદુક વડે નિદર્શીત કરી શકાય. આ માટે બંદુકને ચાકગતિ કરી શકે તેવી તકતી પર ગોઠવવામાં આવે છે જેથી તેના વડે પ્રક્ષિપ્તકોણમાં ફેરફારો કરી શકાય. બંદુકને ગોઠવતી વખતે ધ્યાન રાખવું કે તે તકતીના મધ્યમાં રહે. તકતીને અંશ (degree) માં અંકન કરેલું હોવું જોઈએ. જો વર્ગખંડની લંબાઈ કરતા બંદુકની અવધિ વધુ હોય તો આ નિદર્શન વર્ગખંડની બહાર ખુલ્લામાં જેમ કે મેદાનમાં પણ કરી શકાય.



આકૃતિ D 7.1 : **રમકડાની બંદુકથી છોડેલા પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થની અવધિનો અભ્યાસ કરવા માટેની વ્યવસ્થા**

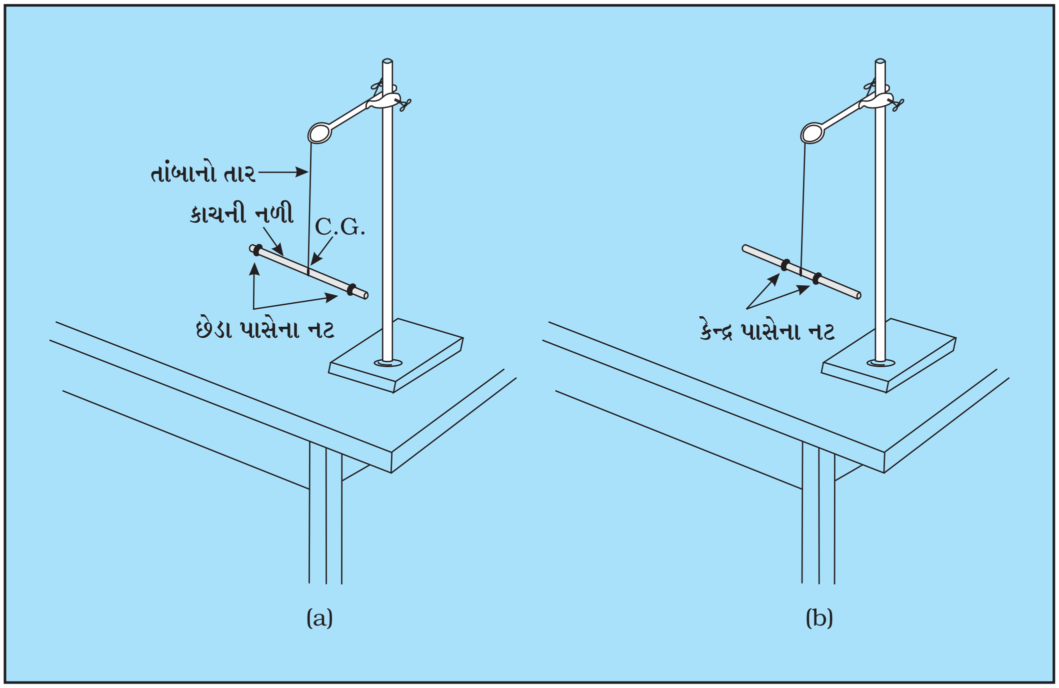
0°થી 90° સુધીના જુદા જુદા કોણ માટે અવધિ નોંધવામાં આવે છે. પ્રક્ષિપ્તકોણ અને અવધિનો આલેખ દોરવામાં આવે.

વૈકલ્પિક રીતે, જો પાણી સમાન દબાણથી છોડવામાં આવે તો, જુદા જુદા કોણે પ્રક્ષિપ્ત કરેલા પાણીના ફુવારાની અવધિનો અભ્યાસ કરી શકાય છે.

નિદર્શન 8

સળિયા પર લગાવેલ બે સમાન વજનના સ્થાનના ફેરફાર સાથે સળિયાની જડત્વની ચાકમાત્રામાં ફેરફારનું નિદર્શન કરવું.

પાતળા અને અવગણ્ય વજનવાળા તાર પર કાચનો એક સળિયો તેના ગુરુત્વકેન્દ્ર પર સમક્ષિતિજ રહે તેમ લટકાવો. પ્લાસ્ટીસીન (Plasticine) ના સમાન દળવાળા બે ગાંગડા લઈ તેને રોલ કરી સમાન ત્રિજ્યા અને સમાન જાડાઈ ધરાવતી બે તકતીઓ બનાવો. આ બંને તકતીઓને રીંગની જેમ સળિયાના બે બાજુએ ભેરવી દો જેથી સળિયો હજુ પણ સમક્ષિતિજ રહે (આકૃતિ D 8.1 (a)). બે તકતીઓ સળિયા પર સહેલાઈથી ખસી શકે તેવી તકેદારી રાખો. સળિયાને નાનું કોણીય સ્થાનાંતર આપી, 10 દોલનો માટેનો સમય માપો. તેના પરથી આવર્તકાળ શોધો. હવે બંને તકતીઓને સળિયાના કેન્દ્ર તરફ સમાન ખસેડો જેથી સળિયો સમક્ષિતિજ રહે. (આકૃતિ D 8.1 (b)). ફરી સળિયાને કોણીય સ્થાનાંતર આપી 10 દોલનોનો સમય શોધો અને તે પરથી આવર્તકાળ



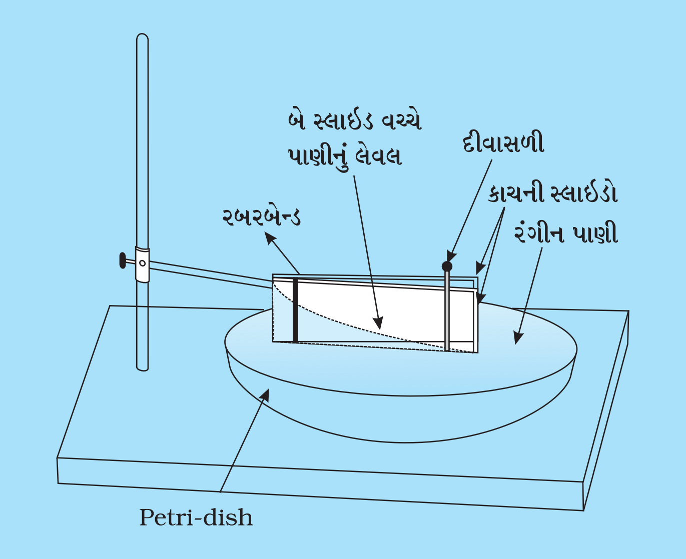
આકૃતિ D 8.1 : **કુલ દ્રવ્યમાન અચળ રાખી જડત્વની ચાકમાત્રા દ્રવ્યમાનની વહેંચણી પર આધારિત છે તેના નિદર્શન માટેની વ્યવસ્થા. અહીં દ્રવ્યમાનને સ્થાને પ્લાસ્ટીસીન (Plasticine) ના ગોળા લીધા છે. (a) ચલિત દ્રવ્યમાન દૂર છે (b) દ્રવ્યમાનો સળિયાના ગુરુત્વકેન્દ્રની નજીક**

મેળવો. બંને આવર્તકાળ સમાન છે ? જો આપને આવર્તકાળ જુદા મળે તો કહી શકાય કે દ્રવ્યમાન સમાન હોવા છતાં દ્રવ્યની વહેંચણી જુદી હોવાથી જડત્વની ચાકમાત્રા બદલાય છે.

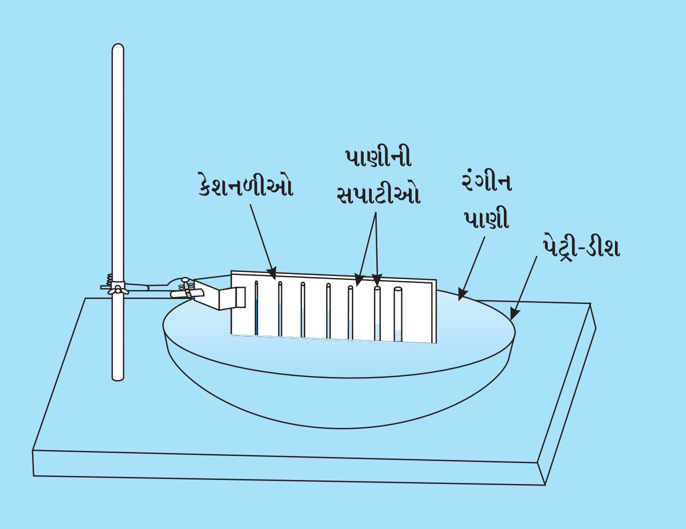
ખાસ ધ્યાન રાખવું કે તાર વડે જ્યાં સળિયાને બાંધ્યો છે અને સળિયો જેને અનુલક્ષીને ચાકગતિ કરે છે તે બિંદુએ, તાર એકદમ દૃઢ રીતે બાંધેલો છે. સળિયા દરેક વખતે સમક્ષિતિજ રહે તે ખાસ તકેદારી લેવી. આનાથી ચાકગતિ માટેની અક્ષ ગુરુત્વકેન્દ્રથી જ પસાર થાય છે. તકતીઓના સ્થાનમાં ફેરફાર પણ આ બાબતને ધ્યાનમાં લઈને જ કરવા.

નિદર્શન 9

કાચની બે પટ્ટીઓ વચ્ચે ફાચર-આકારની જગ્યામાં કેશાકર્ષણના આકારનું નિદર્શન કરવું.



આકૃતિ D 9.1 : કાચની સ્લાઇડો વચ્ચે ફાચર આકારની જગ્યામાં રબરબેન્ડ લગાવ્યું હોય ત્યાં પાણી વધુ ચઢે



આકૃતિ D 9.2 : જુદા જુદા વ્યાસવાળી કેશનળીમાં પાણીનું ચઢાણ

કાચની બે સ્લાઇડ (slide), જાડું રબર બેન્ડ, માચીસની સળી, પેટ્રી-ડીશ (petri-dish) પોટેશિયમ પરમેંગેનેટના થોડાક કણો અને માર્કર પેન લેવી.

બંને સ્લાઇડો અને પેટ્રી-ડીશને સાબુ અને પાણીથી બરાબર ધોઈને ફરી નિસ્યંદિત (distilled) પાણીથી ધોવા. ધ્યાન રાખવું કે સાબુ રહી ન જાય. પોટેશિયમ પરમેંગેનેટ વડે કલર કરેલું પાણી પેટ્રી-ડીશમાં અડધે સુધી ભરો. બંને સ્લાઇડોનો એક છેડો રબર બેન્ડ વડે બાંધી દો અને બીજા છેડામાં માચીસની સળી મુકો. (આકૃતિ D 9.1). આ વ્યવસ્થાને પેટ્રી-ડીશમાં રાખેલ રંગીન પાણીમાં મુકો. રબર બેન્ડ બાંધેલા છેડામાં પાણી દીવાસળીવાળા છેડા કરતા વધુ ચડે છે. કારણ કે કાચની સ્લાઇડ વચ્ચે જગ્યા બાંધેલા છેડાથી સળીવાળા છેડા તરફ જતા રેખીય રીતે વધે છે.

નોંધ :

1. આ જ અસર જુદા જુદા વ્યાસવાળી કેશનળીઓનો ઉપયોગ કરીને જોવા મળે છે. કેશનળીઓ વધતા વ્યાસના ક્રમમાં ગોઠવો. (આકૃતિ D 9.2).
2. વિદ્યાર્થી આ પ્રયોગને પ્રવૃત્તિ તરીકે પણ લઈ શકે છે.

નિદર્શન 10

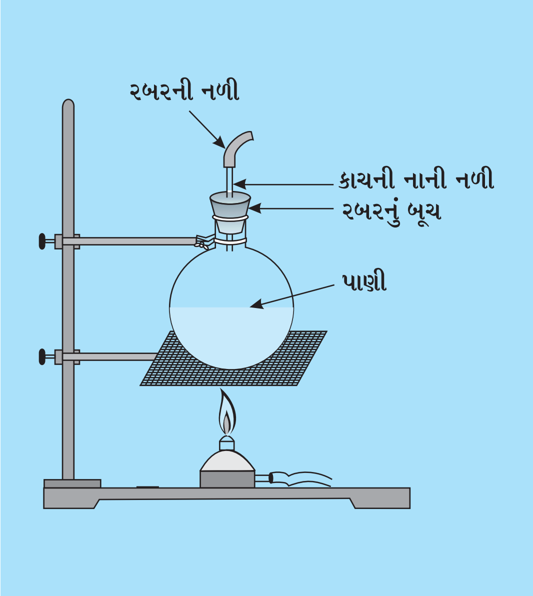
વરાળને ઠારીને મળતા અંશતઃ શૂન્યાવકાશમાં વાતાવરણના દબાણની અસરનું નિદર્શન કરવું.

આ નિદર્શન કરવા માટે એક ગોળ ચંબુ, કાચની નળી, બૂચ, બૂચમાં કાણું પાડવા શારડી, દબાણને સહન કરી શકે તેવી 1.5 m લાંબી રબરની નળી જે કાચની નળીને એકદમ બંધ બેસે, રબરની નળી બંધ કરવા ચીપિયા જેવી રચના - પીન્ચકૉક (pinch cock), બર્નર, ત્રિપગું સ્ટેન્ડ, ક્લૅમ્પ ધરાવતું લેબોરેટરી સ્ટેન્ડ, પાણીનું મોટું પાત્ર.

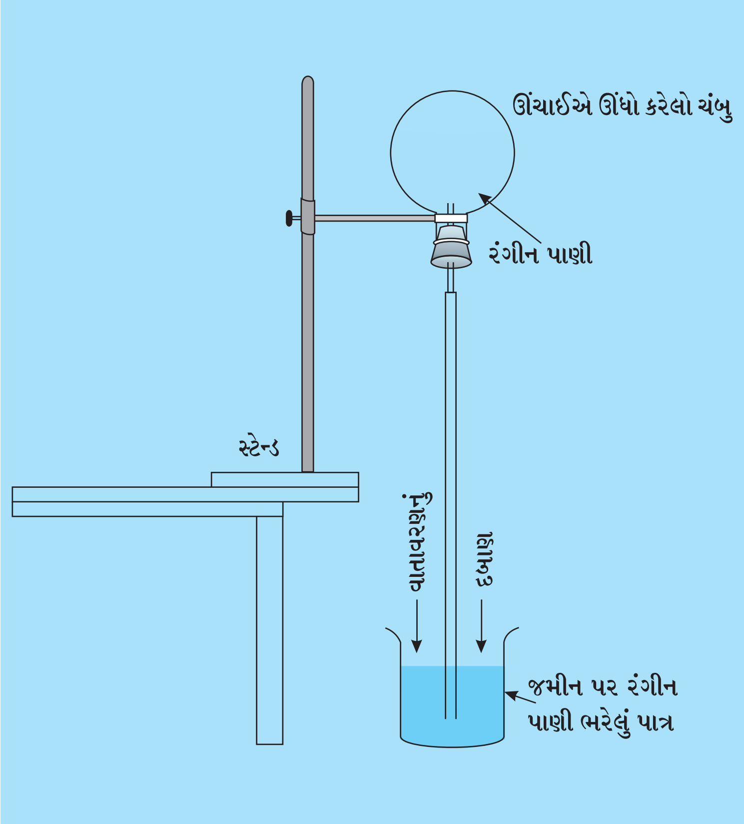
ગોળ ચંબુમાં થોડું પાણી લો. તેનું મોઢું રબરના બૂચથી ચુસ્તરીતે બંધ કરી દો. આ બૂચમાં એક કાચની નળી ફીટ કરવી. કાચની નળીના ખુલ્લા છેડા પર આશરે 1.5 m લાંબી રબરની નળી લગાવવી. (આકૃતિ D 10.1 (a)).

પાણીને ગરમ કરીએ તો વરાળ કાચની નળીમાં થઈ રબરની નળીમાં જશે. થોડાક સમય ગરમ કર્યા પછી બર્નર બંધ કરવું. રબરની નળીનું મુખ pinch cock થી બંધ કરવું. ચંબુને ઊંધુ કરી બને એટલો ઊંચા સ્ટેન્ડ પર મુકવો. (આકૃતિ D 10.1 (b)).

રબરની નળીનો મુક્ત છેડો પાત્રમાં પડેલા રંગીન પાણીમાં ડુબાડવો અને pinch cock ખોલી દેવો. જેમ જેમ ચંબુ ઠંડું પડશે, તેમ તેમ પાત્રમાં પાણી કાચની નળીમાં થઈને ચંબુમાં જશે.



આકૃતિ D 10.1 (a) **: ચંબુના પાણીને ગરમ કરતા, વરાળ હવાને બહાર કાઢશે**



આકૃતિ D 10.1 (b) : જેમ ચંબુમાં વરાળ ઠરશે તેમ વાતાવરણનું દબાણ રંગીન પાણીને ઉપર ધકેલશે

વિદ્યાર્થીઓને પાણી આટલી ઊંચાઈ ચઢી ચંબુમાં કઈ રીતે ગયું તે જાણવા ઉત્સુકતા થશે. આ ઘટનાને ચંબુની અંદર અને પાત્રમાં આવેલા પાણીની સપાટી પરના દબાણના તફાવતના સંદર્ભમાં સમજાવી શકાય.

નોંધ :

આ નિદર્શનને વધુ રોચક બનાવવા, એક વિદ્યાર્થીને ટેબલ ઉપર ઊભો રાખી સ્ટેન્ડને વધુ 2 cm ઊંચું કરાય. આ માટે રબરની નળીની લંબાઈ વધારે રાખવી પડે.

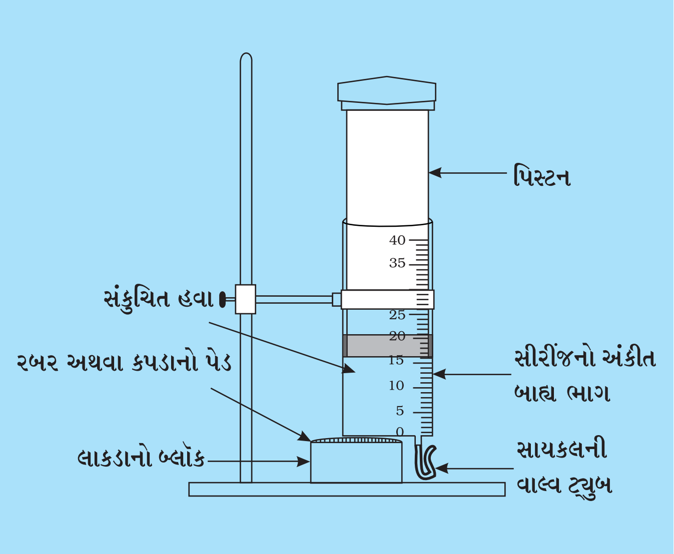
નિદર્શન 11

ડૉક્ટરની સીરીંજનો ઉપયોગ કરી અચળ તાપમાને વાયુના દબાણ સાથે તેના કદમાં થતા ફેરફારોનું નિદર્શન કરવું.

આ નિદર્શન માટે ડૉક્ટરની સીરીંજ (disposable પ્રકારની અને આશરે 50 mL), લેબોરેટરી સ્ટેન્ડ, ગ્રીસ (grease) અથવા જાડું ઊંઝણ તેલ, 200 g થી લઈ 1 kg સુધીના વજનીયાં જે એકબીજા પર ગોઠવાઈ શકે, સાઈકલની વાલ્વ ટ્યુબ, રબર બેન્ડ, લાકડાનો બ્લૉક.

સીરીંજના પિસ્ટનમાં એક ટીપું ગ્રીસ અથવા લુબ્રીકેટીંગ ઑઇલ લગાવી હવાચુસ્ત કરવું. પિસ્ટનને બહાર ખેંચવું જેથી કરીને આખી સીરીંજ હવાથી ભરાઈ જાય. સીરીંજનો ખુલ્લા ભાગ પર વાલ્વટ્યુબ લગાવી અને તે ટ્યુબને વાળી બંધ કરવું. સીરીંજને ઉર્ધ્વ રીતે સ્ટેન્ડ પર ગોઠવવી કે જેથી તેનો બેઝ લાકડાના બ્લૉક પર આવે. (આકૃતિ D 11.1).

પિસ્ટનને હાથ વડે નીચેની તરફ દબાવવું જેથી તેની અંદરની હવા સંકોચન પામે. પિસ્ટનને છોડ્યા પછી જુઓ કે હવા પિસ્ટનને ધકેલી પોતાનું મુળ કદ મેળવે છે. પિસ્ટન અને સીરીંજની અંદરની સપાટી વચ્ચે ઘર્ષણ વધુ હોય છે અને બંને પ્લાસ્ટીકના બનેલા હોઈ, અંદરની હવા પિસ્ટનને પોતાના મુળ સ્થાને લઈ જતી નથી.. જ્યારે પિસ્ટન સ્થિર થાય ત્યારે વાતાવરણના



આકૃતિ D 11.1 : સીરીંજની પિસ્ટન પર લોડ મુકવાથી પિસ્ટનના અક્ષ પર વજનના કારણે બળ લાગે છે.

દબાણનું ઉર્ધ્વબળ અને સીમાંત ઘર્ષણબળ અધોદિશામાં લાગે છે. પિસ્ટનની આ સ્થિતિમાં બંધ હવાનું કદ નોંધો.

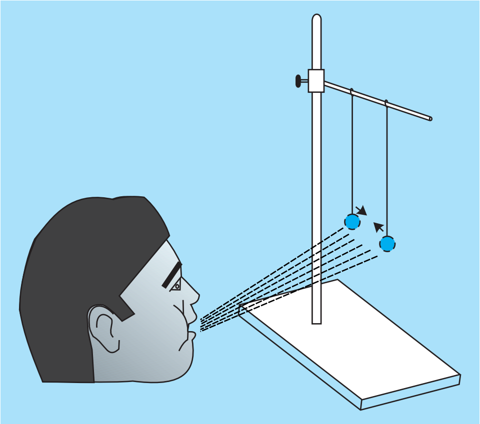
હવે, પિસ્ટનને થોડુંક ઉપર લઈ જઈને છોડી દો. ફરીથી પિસ્ટન પોતાનું મુળ સ્થાન મેળવતું નથી. આ સ્થિતિમાં વાતાવરણના દબાણનું ઉર્ધ્વબળ અને સીમાંત ઘર્ષણનો તફાવત પિસ્ટન પર અધોદિશામાં લાગે છે, આ કદ પણ નોંધો. બંને કદની સરાસરી મુળ કદ જેટલી મળશે.

હવે પિસ્ટનના હેન્ડલ પર 1 kg વજન મુકો. નીચેના બંને કિસ્સામાં હવાનું કદ નોંધો : (i) જ્યારે પિસ્ટન ધીરે ધીરે ઉપર જઈ સ્થિર થાય (ii) જ્યારે પિસ્ટન ધીરે ધીરે નીચે જઈ સ્થિર થાય. બીજા બે લોડ 1 kg અને 1.8 kg માટે વારાફરતી કદ નોંધો. પ્રયોગ પહેલા અને અંતમાં વગર લોડથી હવાનું કદ સમાન આવે છે. એવું ચેક કરો જેથી હવાનું લીકેજ તો નથી થયું ને તે ખ્યાલ આવે. નીચેના ત્રણ અવલોકનો : (i) 0 kg લોડ (ii) 1 kg લોડ અને (iii) 1.8 kg. લોડ માટે $\frac{1}{V} \rightarrow$ લોડ Wના આલેખ દોરો.

નિદર્શન 12

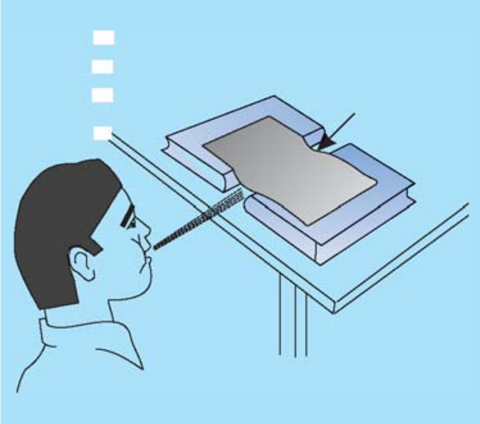
સાદા ઉદાહરણની મદદથી બર્નુલીના પ્રમેયનું નિદર્શન કરવું.

(a) લેબોરેટરી સ્ટેન્ડ પર લગાવેલ એક સમક્ષિતિજ સળિયા પર બે સાદા લોલક લટકાવો. (આકૃતિ D 12.1) ગોળા તરીકે કાગળ અથવા ટેબલ ટેનીસના બૉલ વાપરો. બંને ગોળા એકબીજાની નજીક અને સમાન ઊંચાઈ પણ એકબીજાને અડકે નહિ તેવા હોવા જોઈએ. જો બંને ગોળા વચ્ચે જોરથી ફૂંક મારવામાં આવે તો શું થશે તેવું વિદ્યાર્થીઓને પૂછવું. જે વ્યક્તિ/વિદ્યાર્થી બર્નુલી પ્રમેયને ધ્યાનમાં રાખ્યા વગર જવાબ આપશે તે એમ જ કહેશે કે બંને ગોળા એકબીજાથી દૂર જશે. હવે, બંને ગોળા વચ્ચે જોરથી ફૂંક મારો. બંને ગોળા વચ્ચે ઓછી જગ્યા હોવાના કારણે હવાની ઝડપ વધે છે તેથી હવાનું દબાણ ત્યાં ઘટે છે. એટલે ગોળાઓની બહારની બાજુની હવાનું દબાણ વધુ હોવાથી બંને ગોળાઓ એકબીજાની નજીક આવે છે.



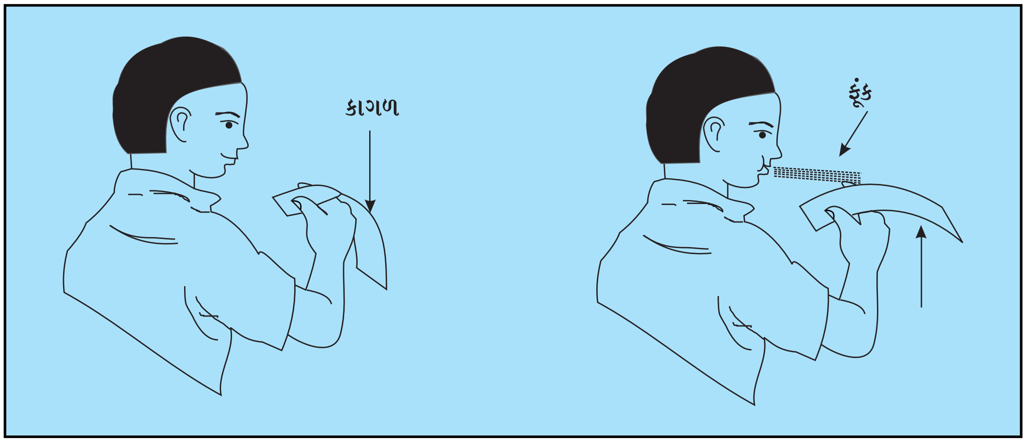
આકૃતિ D 12.1

(b) બે ચોપડીઓ પર કાગળ મુકી પૂલ બનાવો. ચોપડીઓ વચ્ચેની જગ્યા તમારી બાજુએ વધુ અને બીજી બાજુ ઓછી હોવી જોઈએ (આકૃતિ D 12.2). ખાલી જગ્યામાં ફૂંક મારતા કાગળનો પૂલ નીચેની તરફ આવશે.



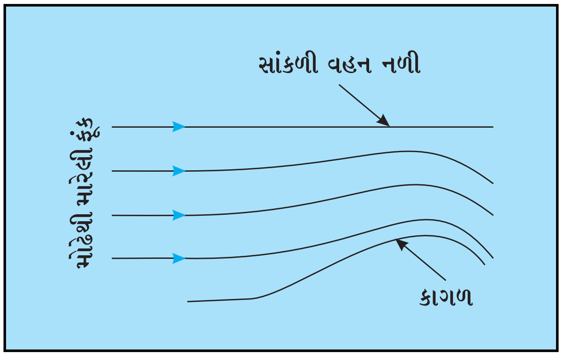
આકૃતિ D 12.2

(c) કાગળને સમક્ષિતિજ રીતે પકડો જેથી નાનો ભાગ હાથમાં અને લંબાઈવાળો ભાગ વજનના કારણે નીચે તરફ લટકે. (આકૃતિ D 12.3 (a)). આંગળી વડે સમક્ષિતિજ ભાગને દબાણ આપતા કાગળ નીચે તરફ વક્ર થાય છે. હવે, આંગળીથી દબાવા કરતા કાગળને મોઢા નજીક લાવી ફૂંક મારો. શું કાગળનો લટકેલો ભાગ નીચે ધકેલાય છે કે ઉપર આવે છે ? (આકૃતિ D 12.3 (b)). કાગળના વક્ર આકારના કારણે



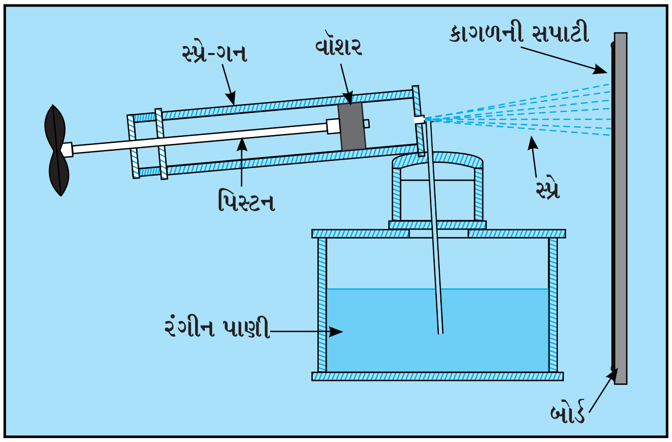
આકૃતિ *D 12.3 (a)*　　　　આકૃતિ *D 12.3 (b)*

હવાની વહન નળીસાંકળીથતી હોવાથી હવાની ઝડપ વધે છે અને ઉપરની બાજુ દબાણ ઘટે છે. માટે કાગળની નીચેથી દબાણ વધુ હોવાથી કાગળ ઉપર તરફ ધકેલાય છે. (આકૃતિ D 12.3 (c)).



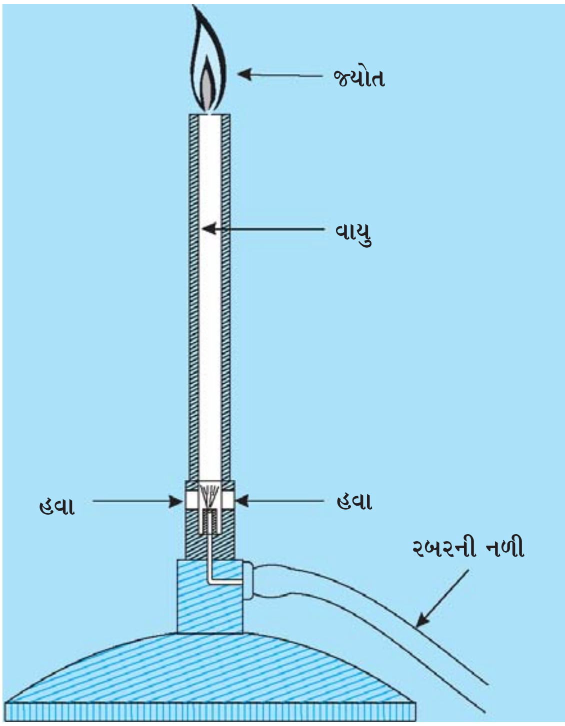
આકૃતિ *D 12.3 (c)*

(d) જંતુનાશક દવા છાંટવાના સ્પ્રે પમ્પમાં રંગીન પાણી ભરો. આ પાણીને સફેદ કાગળ પર છાંટો. પાણીની રંગીન બુંદો કાગળ પર પડશે. ટેન્કમાંથી રંગીન પાણી નળીમાંથી પસાર થઈ ઉપર આવે અને નોઝલ (nozzel)માંથી નાના નાના બિંદુઓના સ્વરૂપમાં બહાર ધકેલાય છે. પણ આ પાણી ઉપર ચઢે કેમ ? ઝીણા કાણા (nozzel)માંથી હવા બહાર ધકેલાતી હોવાથી નળીના ઉપરના ખુલ્લા ભાગમાં હવાની ઝડપ વધે છે. (આકૃતિ D 12.4). તેથી દબાણ ઘટે છે. માટે નીચેના ભાગ (જ્યાં વધુ દબાણ છે)થી પાણી ઉપરના ભાગ (જ્યાં ઓછું દબાણ છે) તરફ ધકેલાય છે.



આકૃતિ *D 12.4*

(e) આકૃતિ D 12.5માં બન્સન બર્નરની રચના બતાવી છે. ઉર્ધ્વ નળીના મધ્યમાં આવેલા જેટ Jમાંથી બળતણ વાયુ બહાર આવે છે. વાયુની ઝડપ વધુ હોવાથી, તેનું દબાણ નીચું જાય છે. એટલે જ ઉર્ધ્વ નળીના પહોળા મુખમાંથી હવા અંદર પ્રવેશે છે અને બળતણ વાયુ સાથે ભળીને ગરમ-વાદળી જ્વાળા આપે છે. જો આ અવસ્થા પર બહારની હવા બળતણ સાથે ન ભળે અને આ આગળ જઈ જ્વાલા પાસે ભળે તો પીળી-કેસરી જ્વાલા મળે છે. અપૂર્ણ દહનના કારણે આવું બને છે.



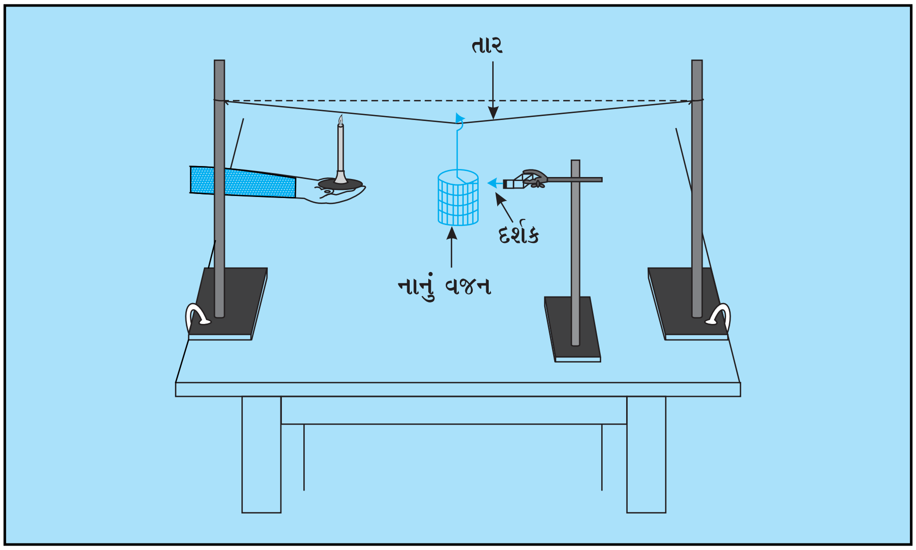
આકૃતિ D 12.5

નિદર્શન 13

ગરમ કરવાથી ધાતુના તારમાં થતાં વિસ્તરણનું નિદર્શન કરવું.

ટેબલના બે છેડા પર દૃઢ રીતે લગાવેલા સ્ટેન્ડના ક્લૅમ્પ વચ્ચે એક ધાતુનો તાર ચુસ્તપણે બાંધો. (આકૃતિ D 13.1). તારના મધ્ય પર એક નાનું વજન લટકાવો અને તારને બને એટલો ચુસ્ત કરો. તાર સંપૂર્ણ સુરેખ ન પણ રહે અને વચ્ચેથી થોડો તો વળે જ છે. વજનની ઉપરના છેડાને સંદર્ભ તરીકે લેવા એક દર્શક મૂકવામાં આવે છે.

હવે તારને મીણબત્તી અથવા સ્પિરીટ લૅમ્પ વડે ગરમ કરવામાં આવે તો તાર વધુ લચકે છે અને વજન હજુ નીચે જાય છે. હવે, મીણબત્તી હટાવી તારને ઠંડુ પડવા દો. જેમ તાર ઠંડુ પડે તેમ વજન ઊંચું જાય છે અને છેવટે પોતાનું મૂળ સ્થાન પ્રાપ્ત કરે છે.



આકૃતિ D 13.1 : ઉષ્મીય વિસ્તરણ થવાથી તણાવવાળો તાર ગરમ કરવાથી લચકે છે

નોંધ :

તારને વિદ્યુતીય રીતે પણ ગરમ કરાય. ટ્રાન્સફૉર્મરનો ઉપયોગ કરો. વૉલ્ટેજ 2 V થી 12 V સુધી વધારી શકાય. વિદ્યુતીય રીતે ગરમ કરવાથી તારનો દરેક બિંદુ સમાન રીતે ગરમ થાય છે.

નિદર્શન 14

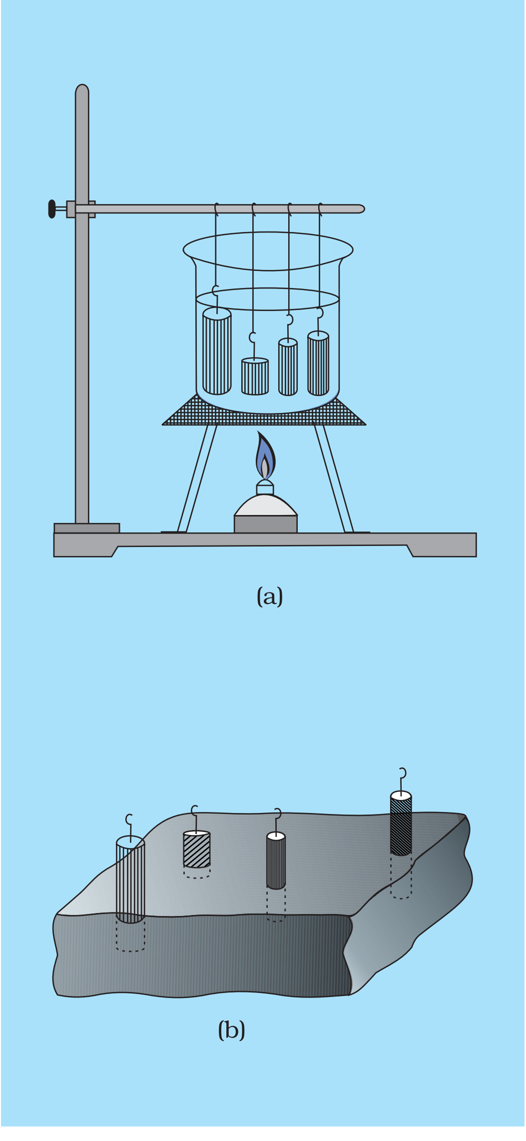
સમાન દ્રવ્યમાનવાળા ઍલ્યુમિનિયમ, લોખંડ, તાંબા અને બીડની ઉષ્માધારિતા અસમાન હોય તેવું નિદર્શન કરવું.

આ નિદર્શન માટે ઍલ્યુમિનિયમ, લોખંડ, તાંબા અને બીડના ચાર નળાકાર (દરેકના સમાન દ્રવ્યમાન અને સમાન આડછેદના ક્ષેત્રફળ), પેરેફીન મીણના બ્લૉક, બીકર/ધાતુના પાત્ર, દોરી, પાણી અને ગરમ કરવાનું સાધન લેવા.

ચારેય ઘન નળાકાર સમાન દ્રવ્યમાન અને સમાન આડછેદવાળા હોવાથી તેમની લંબાઈ તેમની ઘનતાના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. બીકર અથવા ધાતુના પાત્રમાં પાણી લો અને તેને ગરમ કરો. ચારેય નળાકારોને દોરી વડે બાંધી પાણીમાં પૂરા ડુબે એવી રીતે લટકાવવા. થોડીવારમાં બધાએ પાણીની ઉત્કલનબિંદુ જેટલું તાપમાન મેળવી લીધું હશે. (આકૃતિ D 14.1 (a))

ચારેય નળાકારોને વારાફરતી ઝડપથી બહાર કાઢી પેરેફીન મીણમાં મુકો (આકૃતિ D 14.1 (b)). નળાકારો જુદી જુદી ઊંડાઈ સુધી મીણમાં ખૂપી જશે. આ દરમિયાન દરેક નળાકારનું તાપમાન પાણીના ઉત્કલનબિંદુથી લઈ મીણના ગલનબિંદુ સુધી ઘટશે. બધા નળાકારોના દ્રવ્યમાન સમાન હોવા છતાં તેમની ઉષ્મા આપવાની પ્રવૃત્તિ જુદી હશે.

વૈકલ્પિક રીતે, લાકડાના બ્લૉકમાં અર્ધનળાકાર સમાન લંબાઈના ખાડા બનાવી તેમાં મીણ ભરી દેવાય. મીણના બ્લૉક પર મુકવા કરતા ગરમ નળાકારોને લાકડાના બ્લૉકમાં આવેલા ખાડાઓમાં મુકવા.



આકૃતિ D 14.1 : જુદા જુદા ધાતુની ઉષ્માધારિતાની ગુણાત્મક સરખામણી

નોંધ :

દરેક નળાકારમાંથી છોડેલી ઉષ્માનો અમુક ભાગ વાતાવરણમાં જાય છે. વધુમાં વિખેરીત ઉષ્માનો દર તેમના પૃષ્ઠના ક્ષેત્રફળ પર પણ આધારિત છે. એટલે જ, આ પ્રયોગથી આપણે આ ઘન પદાર્થોની ઉષ્માધારિતાની ગુણાત્મક તુલના જ કરી શકીએ છે.

નિદર્શન 15

જુદા જુદા દોલકતંત્રોના મુક્ત દોલનોનું નિદર્શન કરવું.

ઘણા બધા દોલન કરતા તંત્રોનું નિદર્શન (a) થી (j) માં આપેલા છે. જેટલા શક્ય હોય એટલા નિદર્શનો કરવા અને દરેક કિસ્સામાં નીચે પ્રમાણેની ચર્ચા કરવી :

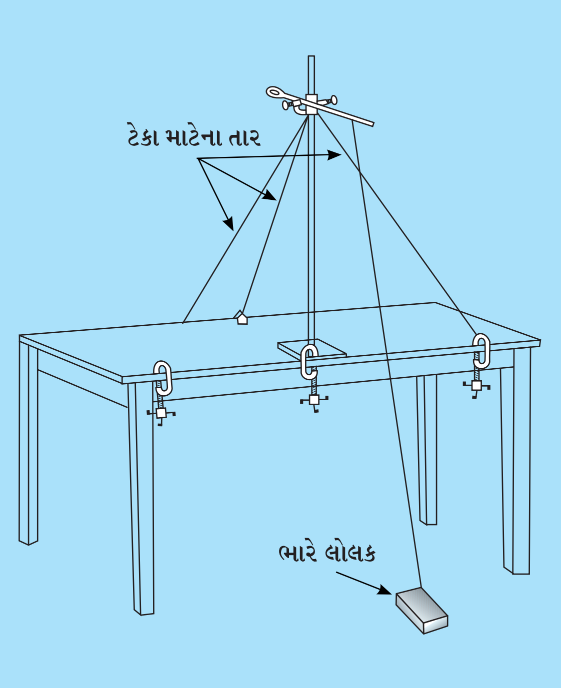
(i) દોલનો દરમિયાન થતા ઊર્જામાં કયા કયા ફેરફારો થાય ?

(ii) દોલનોની આવૃત્તિ કેવી રીતે બદલી શકાય ?

(iii) શું તંત્રનું અવમંદન ઓછું કરી શકાય ? કેવી રીતે ?

(iv) મધ્યમાન સ્થાનેથી સ્થાનાંતર સાથે દોલન કરતા પદાર્થ પર બળ કઈ રીતે બદલાય છે ?

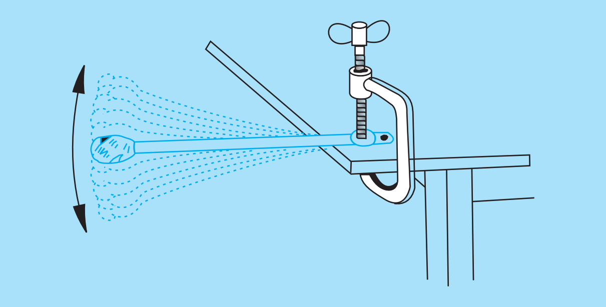
(a) સાદુ લોલક : પ્રયોગ 6માં બતાવેલા ક્રમ પ્રમાણે એક લાંબુ અને વજનદાર લોલક બનાવો. 1.5 m લાંબી મજબુત દોરીના છેડે એક ઇંટ અથવા 1 kg નું વજનીયું લટકાવી આવું દોલક બનાવી શકાય. વજનદાર પાયાવાળા સ્ટેન્ડ પર આ લોલકને લટકાવવું જેથી સ્ટેન્ડ ગબડી ન પડે. ભારે લોડ મુકી સ્ટેન્ડના પાયાને વજનદાર બનાવી શકાય. વૈકલ્પિક રીતે, આ સ્ટેન્ડને ટેબલ પર G-ક્લેમ્પ લગાવીને ફીટ પણ કરી શકાય. સ્ટેન્ડના ઉર્ધ્વ સળિયાને ટેકો આપવા ટેબલ પર ફીટ કરેલા ત્રણ G-ક્લેમ્પનો ઉપયોગ કરી શકાય. (આકૃતિ D 15.1). એક ખડતલ (મજબુત) સ્ટેન્ડ લોલકને ઓછા અવમંદન સાથે વધુ લાંબા સમય માટે દોલન કરાવે છે.



આકૃતિ D 15.1 **:** ભારે લોલકના દોલનોનો અભ્યાસ કરવા માટેની વ્યવસ્થા

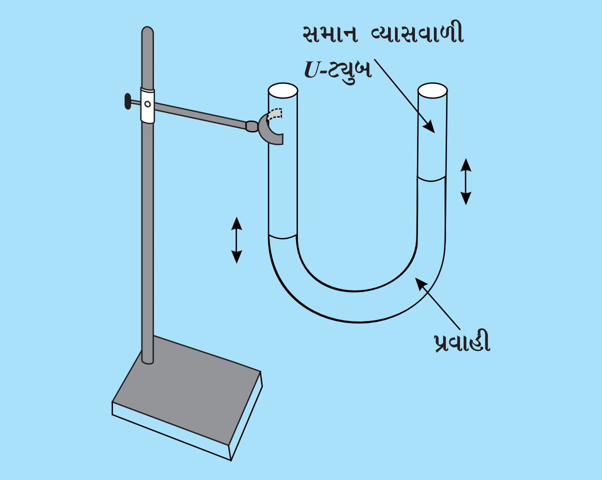
(b) દોલન કરતી લોખંડની કરવત (આરી) : લોખંડની કરવત (આરી) (અથવા ધાતુની એક પાતળી પટ્ટી)ને તેનો સપાટ ભાગ સમક્ષિતિજ રહે તેવી રીતે ટેબલ પર G-ક્લેમ્પની મદદથી જડી દો. (આકૃતિ D 15.2) આ પટ્ટીના મુક્ત છેડા પર 20 g પ્લાસ્ટીસીન (plasticine) લગાવવું અથવા 20 g નો વજનપટ્ટીના મુક્ત છેડા સાથે દોરી વડે બાંધી દેવો. પટ્ટીના મુક્ત છેડાને

ઉપર-નીચે દોલન કરવા દો. હવે, આ જ પ્રયોગ ઓછા લોડ સાથે અને પછી લોડ વગર પુનરાવર્તિત કરો. જુદા જુદા લોડના દોલનોની સરખામણી કરો.



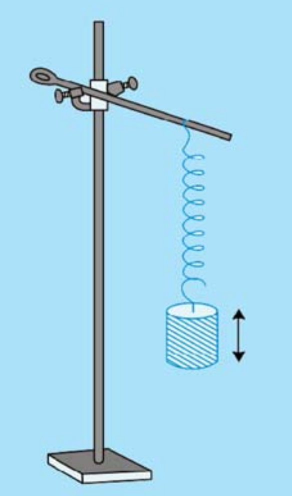
આકૃતિ D 15.2 : એક છેડે જડેલી લોખંડની કરવત ઉપર-નીચે દોલન કરે છે.

(c) દોલન કરતા પ્રવાહીનું સ્તંભ : જેની બાજુઓ ઉર્ધ્વ રહે તેવી વધુ વ્યાસ (આશરે 2 cm) વાળી U-નળીને સ્ટેન્ડ પર લગાવો. તેમાં ઓછી શ્યાનતાવાળું પ્રવાહી જેમકે પાણી, કેરોસીન અથવા મિથાઈલવાળું સ્પિરિટ (methylated spirit) ભરો. નળીમાં પ્રવાહીના સ્તંભને ઊંચુ નીચું દોલન કરવા દો. (આકૃતિ D 15.3) આના માટે U-નળીની કોઈ એક બાજુમાં વારંવાર ફૂંક મારતા રહો. જ્યારે આ બાજુનું પ્રવાહીનું સ્તંભ મહત્તમ ઉંચાઈ પર આવે ત્યારે ફરી ફૂંક મારવી જેથી એક નાનું દબાણ હવાના કારણે થાય અને બાજુમાં આવેલું પ્રવાહી અનુનાદથી દોલન કરતું રહે. બીજી એક રીતમાં સ્ટેન્ડને થોડું નમાવો. આવું વારંવાર કરવાથી સ્તંભમાં અનુનાદના કારણે દોલનો થશે.



આકૃતિ D 15.3 : U-ટ્યુબમાં પ્રવાહીના સ્તંભના દોલનો નિદર્શન

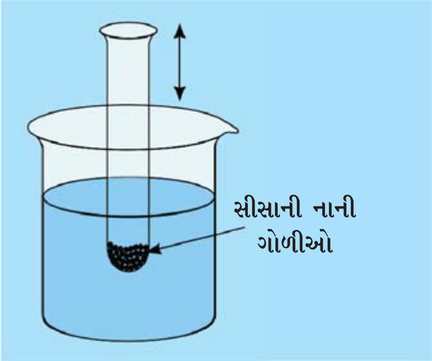
બે સુરેખ નળીઓ (દરેકનો વ્યાસ 3.5cm થી 4 cm અને લંબાઈ 50 cm જેટલી) લઈને કામચલાઉ સસ્તી U-નળી બનાવી શકાય. આ નળીઓને લાકડાના એક પાટિયા પર એકબીજાથી 20 cm થી 30 cm દૂર જડી શકાય. બંનેના નીચેના છેડાને રબરની અથવા પ્લાસ્ટીકની નળી વડે જોડી શકાય. પ્લાસ્ટીકની નળી વધુ સારી ગણાય કારણ કે તે સહેલાઈથી U આકારમાં વળી શકે છે. આ નળીમાં ઉપરના છેડેથી 10 cm નીચે સુધી રંગીન પાણી ભરો. ઉપર વર્ણવ્યા પ્રમાણે બંનેમાંથી કોઈ એક રીતથી નળીમાં પ્રવાહીના દોલનો કરો.



આકૃતિ D 15.4 : ગોળાકાર સ્પ્રિંગના છેડે લટકાવેલ લોડ ઉપર નીચે દોલનો કરે છે

(d) સર્પિલ સ્પ્રિંગ : સર્પિલ સ્પ્રિંગના છેડે યોગ્ય દ્રવ્યમાન (આશરે 1 kg) લટકાવો.(આકૃતિ D 15.4) સ્પ્રિંગને ઉર્ધ્વ દિશામાં લટકાવો. લટકાવેલ દ્રવ્યમાનને થોડુંક નીચે ખેંચી છોડવામાં આવે તો આ દ્રવ્યમાન દોલનો કરે છે. આ દોલનોનો અભ્યાસ કરો.

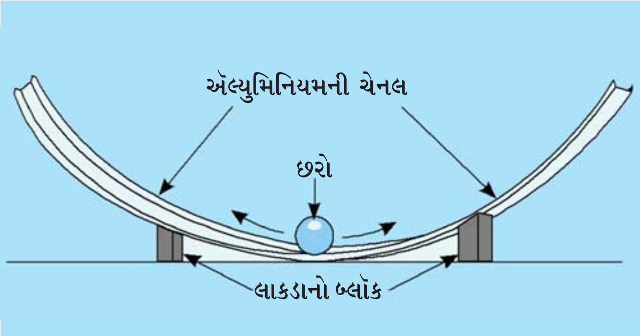
(e) તરતી કસનળીના દોલનો : એક કસનળીમાં આશરે 10 g સીસાની નાની ગોળીઓ અથવા રેતી અથવા લોખંડનો ભુકો નાખો કસનળીને પાણીમાં તરતી મુકો. નળીની અંદરની વસ્તુઓને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી કસનળી ઉર્ધ્વ તરે. હવે, નળીને થોડી દબાવીને છોડી દો. કસનળી પાણીની સપાટીની ઉપર દોલન કરશે. (આકૃતિ D 15.5).



આકૃતિ D 15.5 : ગોળાકાર સ્પ્રિંગના છેડે લટકાવેલ લોડ ઉપર નીચે દોલનો કરે છે

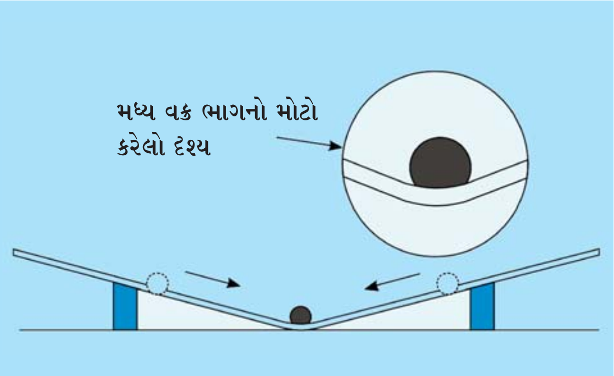
(f) વક્ર પર છરાના દોલનો : પડદા લટકાવવાની ઍલ્યુમિનિયમની પટ્ટી આશરે 30 cm લાંબી લો અને તેને વાળી વર્તુળાકાર વક્ર બનાવો. તેને ટેબલ પર મુકો. બે બાજુ લાકડાના બ્લૉકના ટેકા મુકી તેને ઉર્ધ્વ સમતલમાં ગોઠવો. તે વક્રમાં છરો અથવા લખોટીના દોલનો કરાવો (આકૃતિ D 15.6) વૈકલ્પિક રીતમાં, 10 cmથી 15 cm દર્પણમુખ ધરાવતો અંતર્ગોળ અરીસો અથવા એક વાટકો અથવા કઢાઈ ટેબલ પર મુકી છરો અથવા લખોટીના દોલનો કરાવી તેનો અભ્યાસ કરો.

(g) ડબલ ઢાળવાળા ટ્રેક પર દડાના દોલનો : ટેબલ પર ડબલ ઢાળવાળો ટ્રેક બનાવો. બંને બાજુ સમાન ઢાળ રાખવો. (આકૃતિ D 15.7). એક છરા (25 cm વ્યાસ)ને એક બાજુથી છોડી દેવામાં આવે તો તે દોલનો કરશે.



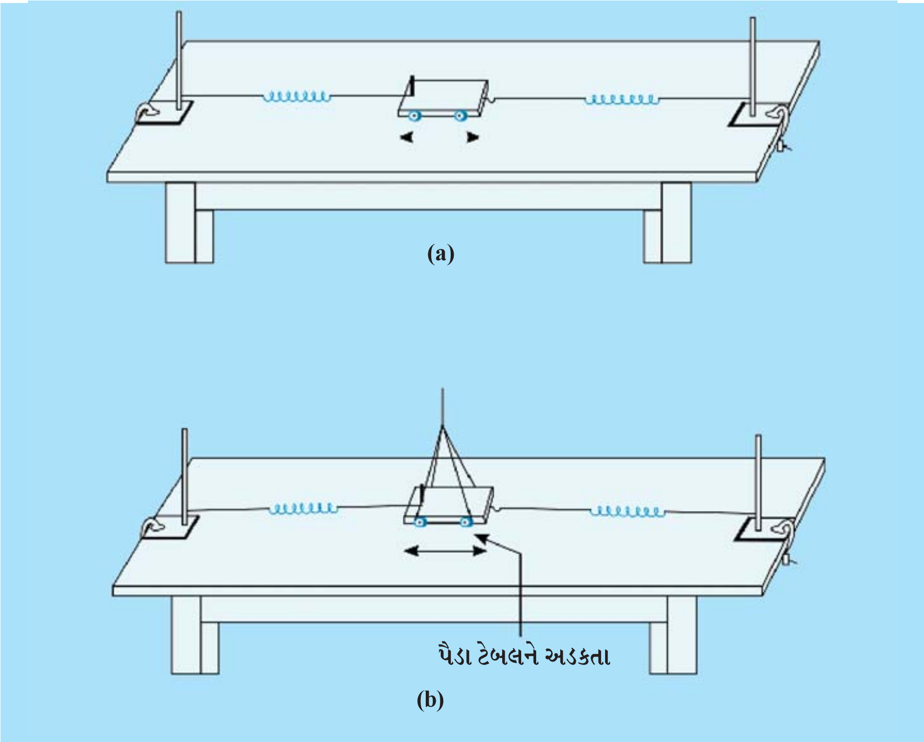
આકૃતિ D 15.6 : વક્ર આકારની ચેનલ પર સ્ટીલના છરાનું આગળ-પાછળ દોલનોનું નિદર્શન

(h) ટેબલ પર બે સ્પ્રિંગ વચ્ચે લગાવેલી ટ્રોલીના દોલનો : બે ગોળાકાર સ્પ્રિંગના એક છેડા વચ્ચે ટ્રોલી લગાવી. સ્પ્રિંગો સુરેખમાં રહે તે રીતે જોડાણ કરવું. બંને સ્પ્રિંગના મુક્ત છેડા ટેબલના બે છેડા પર આવેલા દૃઢ આધારો પર જોડવા. સ્પ્રિંગ તણાવમાં રહે તેવી વ્યવસ્થા કરવી. (આકૃતિ D 15.8 (a)). ટ્રોલીને થોડી સ્થાનાંતરિત કરી છોડતા તે દોલનો કરશે. આ દોલનોનો આવર્તકાળ અને અવમંદન નોંધો.



આકૃતિ D 15.7 : ડબલ ઢાળાવવાળા ટ્રેક પર દડાનું આગળ-પાછળ ગતિના નિદર્શન માટેની વ્યવસ્થા

(i) એક સ્પ્રિંગ સાથે જોડેલી ટ્રોલીના દોલનો : નિદર્શન (h)માં ગોઠવેલી સ્પ્રિંગની જોડીમાંથી એક સ્પ્રિંગને હટાવી દેવું. હવે, ટ્રોલીને એક તરફ લઈ જઈ છોડી દો. દોલનના આવર્તકાળ અને અવમંદનની અસર આગળના કિસ્સા સાથે સરખાવો.



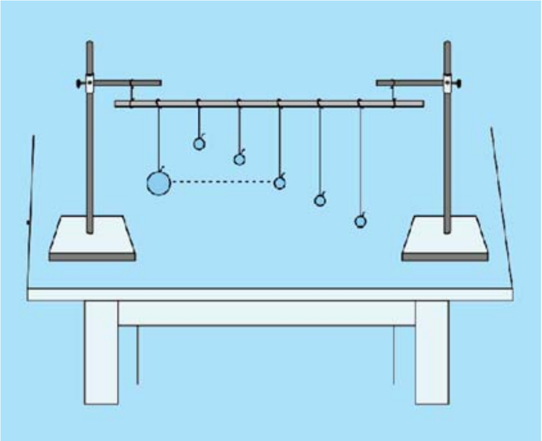
આકૃતિ D 15.8 : (a) બે સમાન સ્પ્રિંગો વચ્ચે આગળ-પાછળ દોલન કરતી ટ્રોલીના નિદર્શનની વ્યવસ્થા (b) એક ઊંચા ટેકા પરથી લટકાવેલ અને બે સ્પ્રિંગો વચ્ચે જડેલી ટ્રોલીના આગળ-પાછળ દોલનોના નિદર્શનની વ્યવસ્થા

(j) **કોઈ એક બિંદુથી લટકાવેલ અને બે સ્પ્રિંગો વચ્ચે જોડેલી ટ્રોલીના દોલનો :** નિદર્શન (h)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ટેબલ પર બે સ્પ્રિંગ વચ્ચે ટ્રોલી ગોઠવો. આકૃતિ D 15.8 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ટ્રોલી સાથે એક અલવચીક (inflexible) દોરી બાંધો. દોરીનો બીજો છેડો ટેબલ પર પડેલા સ્ટુલ પર મુકેલા સ્ટેન્ડ સાથે અથવા છત પરના હુક સાથે જોડો. ટ્રોલી ટેબલથી થોડુંક જ ઉપર લટકતી રહે તે રીતે દોરી બાંધવી. ટ્રોલીને થોડુક સ્થાનાંતર આપી દોલન કરાવો. આ દોલનોના આવર્તકાળ અને અવમંદનનો અભ્યાસ કરો અને નિદર્શન (h)ની સાથે સરખાવો.

નિદર્શન 16

યુગ્મીત દોલકોના સેટના અનુનાદનું નિદર્શન કરવું.

લોખંડના બે સ્ટેન્ડને ટેબલ પર એકબીજાથી 40 cm દૂર મૂકવા. બંને વચ્ચે અડધા મીટર લાંબી માપપટ્ટી બાંધવી જેથી તેનું મુખ ઉપરની તરફ રહે અને માપપટ્ટી સમક્ષિતિજ રહે અને તેના ઉપરની ધારને અનુલક્ષીને ચાકગતિ કરી શકે. (આકૃતિ D 16.1). માપપટ્ટીના એક છેડા પર ભારે ગોળા (આશરે 200 g) વાળું લોલક લટકાવવું. વળી, પ્રમાણમાં ઓછા દ્રવ્યમાનવાળા અને જુદી જુદી લંબાઈવાળા ચારથી પાંચ લોલકો લટકાવવા. તેમાંથી એક લોલકની લંબાઈ ભારે ગોળાવાલા લોલકની લંબાઈ જેટલું હોવું જોઈએ.



આકૃતિ D 16.1 **: અનુનાદનું નિદર્શન કરવાની વ્યવસ્થા**

ઉપર મુજબની વ્યવસ્થા ગોઠવી બધા લોલકોને સ્થિર કરવા ભારે લોલકના ગોળાને હળવેકથી ખેંચી છોડી દેવો જેથી તે દોલનો શરૂ કરે. ધ્યાન રાખવું કે બીજા લોલકોને આ કાર્ય દરમિયાન ખલેલ ન પહોંચે. બીજા લોલકોની ગતિનું અવલોકન કરો. કયા લોલકની દોલનની આવૃત્તિ ભારે લોલકની આવૃત્તિ જેટલી હશે ? જુદા જુદા લોલકોના દોલનોનો કંપવિસ્તાર કેવી રીતે જુદા હોય ?

નિદર્શન 17

માધ્યમના અવરોધના કારણે લોલકના અવમંદનનું નિદર્શન કરવું.

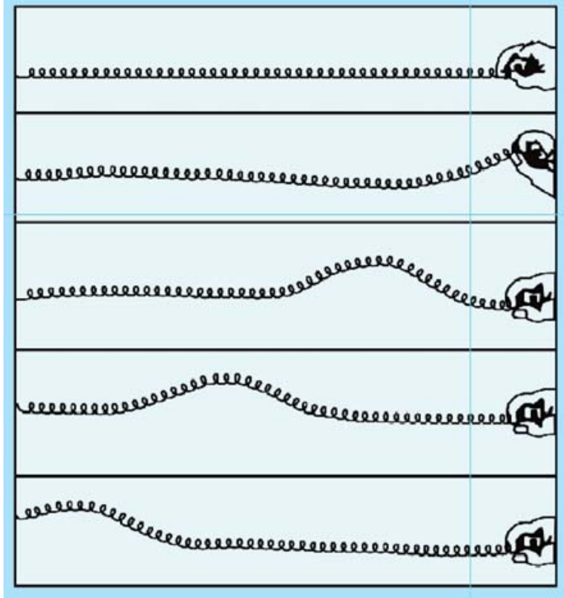
(a) હવાના કારણે સમાન દ્રવ્યમાનવાળા બે લોલકોનું અવમંદન : સમાન લંબાઈવાળા બે લોલકો બનાવો. એક લોલકનો ગોળો નાનો હોવો જોઈએ (ઘન પિત્તળનો બનેલો). બીજુ લોલક સમાન દ્રવ્યમાન પણ મોટા કદનું હોવું જોઈએ (હલકા પદાર્થ જેવા કે થર્મોકોલ અથવા પોલો ગોળો). બંનેને સમાન પ્રારંભિક સ્થાનાંતર આપવું અને એક સાથે છોડવું. જોવા મળશે કે મોટા ગોળાવાળા લોલકનો કંપવિસ્તાર ઝડપથી ઘટશે. વધુ પૃષ્ઠ ક્ષેત્રફળ હોવાથી તેની ગતિને વધુ અવરોધ લાગે છે. બંને લોલકની પ્રારંભિક ઊર્જા સમાન હોવા છતાં મોટો ગોળો દરેક દોલનમાં વધુ ઊર્જા ગુમાવે છે.

(b) હવામાં અને પાણીમાં થતા અવમંદનને સરખાવવાનો વૈકલ્પિક નિદર્શન : આશરે અડધા મીટર લાંબુ અને 25 mm અથવા વધુ વ્યાસ ધરાવતા ધાતુના ગોળાનો ઉપયોગ કરી એક સાદુ લોલક બનાવો. લોલકની ઉર્ધ્વ સ્થિતિમાં ગોળો ટેબલથી 4 cm થી 5 cm ઊંચું રાખવું. પહેલા, લોલકને હવામાં દોલિત કરી તેના અવમંદનનું અવલોકન કરો. હવે, પાણી ભરેલું એક પાત્ર લોલકની નીચે એવી રીતે મુકો જેથી ગોળો પાણીમાં ડુબેલો રહે. ગોળાને પાણીમાં રાખી લોલકને દોલન કરાવો. માધ્યમ બદલવાથી અવમંદન પર થતી અસર નોંધો.

નિદર્શન 18

લંબગત અને સંગત તરંગોનું નિદર્શન કરવું.

લંબગત અને સંગત તરંગોના અમુક લાક્ષણિક ગુણધર્મો એક સ્લિન્કી (slinky) કે જે સ્ટીલની પાતળી સપાટ પટ્ટીની બનેલી નરમ સ્પ્રિંગ (150થી 200 આંટા, 6 cm જેટલો વ્યાસ અને 8થી 10 cm જાડાઈ ધરાવતી)ની મદદથી નિદર્શિત કરી શકાય. આજકાલ, પ્લાસ્ટીકના સ્લિન્કી આકારની સ્પ્રિંગ પણ મળે છે. બે વિદ્યાર્થીઓને સ્લિન્કીના બંને છેડા પકડવાનું કહો અને તેની પૂરી લંબાઈ સુધી ખેંચો. (આશરે 5 cm). એક છેડાને લંબાઈને લંબ (લંબગત) આંચકો આપી ઉત્પન્ન થતા લંબગત તરંગનું અવલોકન કરો. (આકૃતિ D 18.1 (a)).

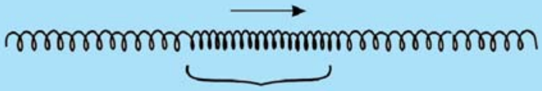


(a)

આકૃતિ D 18.1 (a) **: સ્લિન્કીમાં ગતિ કરતું તરંગ**

ખેંચાયેલી સ્પ્રિંગના એક છેડાથી બીજા છેડા તરંગને લાગતો સમય માપી, તરંગની ઝડપ શોધો. વધુ ચોકસાઈ મેળવવા એક છેડાથી બીજા છેડા સુધીની મુસાફરીને બદલે ત્રણથી ચાર ફેરા માટે લાગતો સમય શોધો અને તે પરથી તરંગની ઝડપ શોધો. તરંગ પૂરેપૂરી ખતમ થતા પહેલા સ્પ્રિંગ પર આગળ-પાછળ જશે.

સ્પ્રિંગમાં તણાવ ઘટાડી (તેની લંબાઈમાં ઘટાડો કરી) ઉપરના પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરવું. તરંગની ઝડપ શોધો. શું તરંગની ઝડપ સ્પ્રિંગના તણાવ પર આધારિત છે ?



(b)

આકૃતિ D 18.1 (b) **: સ્લિન્કીની લંબાઈમાં ગતિ કરતું સંકોચન**

સ્લિન્કીનો ઉપયોગ સંગત તરંગ પ્રસરણના નિદર્શન માટે પણ થઈ શકે. આ માટે સ્લિન્કીના એક છેડાને સંગત આંચકો આપવો. આ વખતે સ્લિન્કીની લંબાઈ આશરે 2.5 m એટલે કે આગળ કરતા અડધી લંબાઈ રાખવી (આકૃતિ D 18.1 (b)). સ્પ્રિંગના સંકોચનના સ્વરૂપમાં સંગત તરંગોની ગતિનું અવલોકન કરવાનું વિદ્યાર્થીઓને કહો.

જો સપાટી લીસી ન હોય તો અવમંદન વધુ જોવા મળે છે. આવા કિસ્સામાં સામસામી દીવાલ પર મજબૂત રીતે ઠોકેલા ખીલા વચ્ચે બાંધેલા સ્ટીલના તાર પર સ્લિન્કી લટકાવવી. સ્પ્રિંગના વચ્ચેના ભાગની લવચીક ઘટાડવા, 25 cm ના અંતરે દોરીના નાના ટુકડા બાંધવા. દોરીના દરેક ટુકડા સમાન લંબાઈના હોવા જોઈએ.

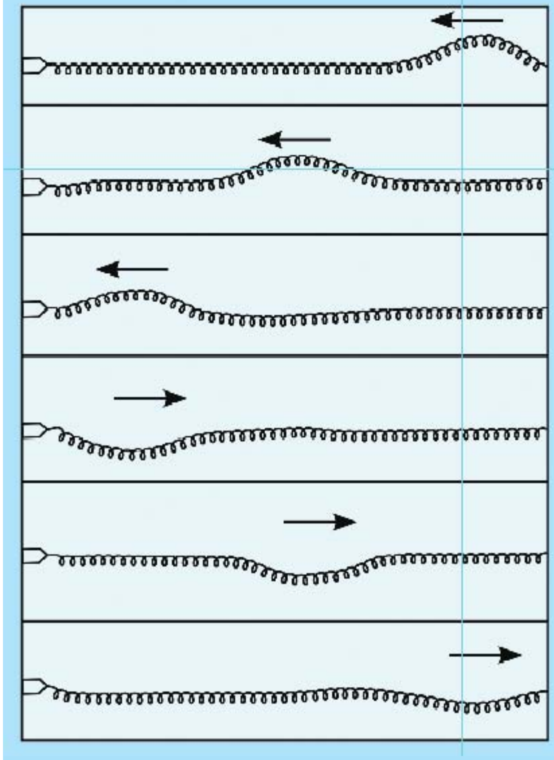
લંબગત તરંગોનું નિદર્શન કપડા સુકવવાની દોરી, રબરની પાતળી ટ્યુબ (નળી) અથવા દોરડાથી પણ કરી શકાય. કપડાની દોરી અથવા રબર ટ્યુબનો એક છેડો દરવાજાના હેન્ડલ સાથે જોડો, તેને ખેંચી રાખી બીજા છેડાને આંચકો આપવો. તરંગનું વધુ સારું અવલોકન કરવા રબર ટ્યુબમાં પાણી ભરી (તેનું વજન વધે) અને તરંગ ધીમે ધીમે આગળ વધે.

એક જ તરંગના બદલે તરંગોની શ્રેણી ઉત્પન્ન કરી સળંગ તરંગ પ્રસરણની છાપ ઊભી કરવાનું નિદર્શન પણ કરી શકાય. સ્લિન્કી અથવા કપડાની દોરી વડે આવું મેળવી શકાય. કોઈ એક વિદ્યાર્થીને એક છેડો મજબૂત રીતે પકડી રાખવાનું કહો. સ્લિન્કીને જમીન પર ખેંચવી. બીજા છેડાને એક જ આંચકો આપવાને બદલે હાથને સતત હલાવી આશરે 0.5 m તરંગ લંબાઈવાળા તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય. આ તરંગો સ્પ્રિંગ પર સતત પ્રસરણ કરશે.

નિદર્શન 19

બે જુદા જુદા માધ્યમોની સીમા પરથી તરંગોના પરાવર્તન અને પ્રસરણનું નિદર્શન કરવું.

નિદર્શન 18.1 માં વર્ણવ્યા પ્રમાણે સ્લિન્કીને લીસી જમીન પર ખેંચો અથવા સ્ટીલના તાર પર લટકાવો. એક છેડાને જડીને બીજા છેડા પરથી તરંગનું એક મોજું મોકલો. નોંધનીય છે કે પરાવર્તિત મોજું ઊંધું હોય છે અને તેના કદમાં પણ સહેજ ઘટાડો થાય છે. (આકૃતિ D 19.1 (a)).



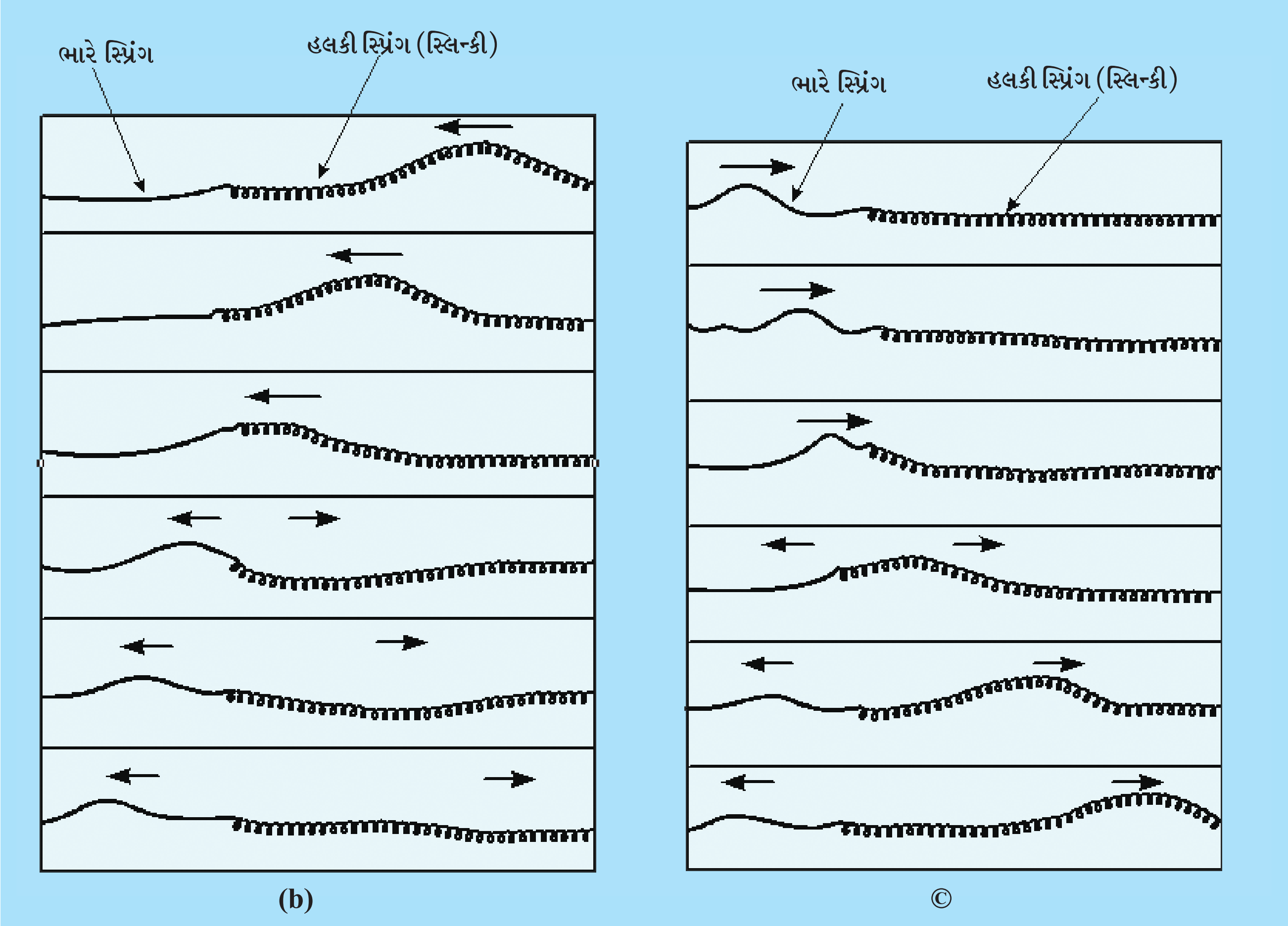
(a)

આકૃતિ D 19.1 (a) : જડીત આધાર પરથી પરાવર્તન પામેલા તરંગ π *rad* નો કળા તફાવત મેળવે છે.

હવે આ સ્લિન્કીને એક ભારે સ્પ્રિંગ સાથે છેડાથી છેડા જોડી દો. (આકૃતિ D 19.1 (b)). દરેક સ્પ્રિંગના મુક્ત છેડાને ખેંચી સ્લિન્કીના છેડા પર તરંગ ઉત્પન્ન કરવું. તરંગ જ્યારે બંને સ્પ્રિંગોના સાંધા (joint) પર આવે ત્યારે શું થાય છે તેનું અવલોકન કરવું. પરાવર્તિત તરંગમાં શું ફેરફાર (કદના અને સ્થાનાંતરની દિશાના સંદર્ભમાં) આવે ? ભારે સ્પ્રિંગમાં પ્રસરણ પામેલા તરંગમાં પણ ફેરફાર આવે ?

હવે ભારે સ્પ્રિંગના છેડા પર તરંગ ઉત્પન્ન કરી ઉપરના નિદર્શનનું પુનરાવર્તન કરવું. બંને સ્પ્રિંગના સાંધા પર પરાવર્તિત અને પ્રસરિત તરંગોમાં શું ફેરફાર આવે તે નોંધો. (આકૃતિ D 19.1 (b)).

આ ફેરફાર જ્યારે હલકી સ્પ્રિંગના છેડેથી તરંગ પ્રસરણ કરતું હતું તેનાથી જુદું કેવી રીતે છે.



આકૃતિ D 19.1 (b) **:** પાતળા માધ્યમથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં જતી તરંગનું પરાવર્તન અને પ્રસરણ

આકૃતિ D 19.1 (c) **:** ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી પાતળા માધ્યમમાં જતી તરંગનું પરાવર્તન અને પ્રસરણ

હવે સ્લિન્કીને ભારે સ્પ્રિંગને બદલે એક પાતળી દોરી સાથે બાંધી દો. સ્પ્રિંગ અને દોરીને ખેંચી, સ્પ્રિંગના છેડે તરંગ ઉત્પન્ન કરો. સ્પ્રિંગ અને દોરીના સાંધા પર તરંગનું શું થાય છે ? તે શોધો.

નિદર્શન 20

થોડીક જુદી આવૃત્તિ ધરાવતા બે સ્વરકાંટા વડે ઉત્પન્ન થતા તરંગોના સંપાતપણાને લીધે મળતી સ્પંદની ઘટનાનું નિદર્શન કરવું.

સમાન આવૃત્તિવાળા બે સ્વરકાંટા લો. તેમાંથી એકના બાજુઓ પર પ્લાસ્ટીસીન (plasticine) અથવા થોડું મીણ લગાડી દો. આથી, તે સ્વરકાંટાની આવૃત્તિમાં ઘટાડો થશે. હવે, બંને સ્વરકાંટાઓને જુદા જુદા હાથમાં પકડી એક સાથે બે જુદા જુદા રબરપેડ (pad) પર પછાડી એકબીજાની નજીક લાવવા.

બંને સ્વરકાંટાઓ વડે ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિનો મિશ્રણને ધ્યાનથી સાંભળો. ધ્વનિની તીવ્રતામાં ક્રમિક વધારો અને ઘટાડો સાંભળવા મળશે. આ ઘટના થોડીક જુદી આવૃત્તિવાળા બે તરંગોના સંપાતપણાને લીધે ઉદ્ભવતા સ્પંદના કારણે થાય છે. જો પ્રતિ સેકન્ડ સ્પંદની સંખ્યા બે કે ત્રણથી વધારે ન હોય તો તમે આ સ્પંદને ગણી પણ શકો છો. જે વિદ્યાર્થી સ્પંદને સાંભળતો હોય તે દરેક મહત્તમ અથવા લઘુતમ તીવ્રતાએ ઈશારો કરશે. જેમકે માથુ હલાવીને હા દર્શાવે તેમ બીજો વિદ્યાર્થી સ્ટોપ ક્લૉક લઈ કાં તો 10 સ્પંદ માટેનો સમય નોંધશે અથવા 5 sec માં કેટલા સ્પંદ તે નોંધશે. સ્ટોપ ક્લૉકવાળો વિદ્યાર્થી જાતે પણ સ્પંદ સાંભળી શકે. તેને ભલે તીવ્રતા ઓછી લાગે અને પહેલાં વિદ્યાર્થીના મદદ વગર પણ અવૃત્તિ માપી શકે.

અનુનાદીય લાકડાની પેટી પર ગોઠવેલા બે ઊંચા સ્વરકાંટા મળે તો સમગ્ર વર્ગખંડ સ્પંદ સાંભળી શકશે. આ વ્યવસ્થાને વર્ગખંડના મધ્યમાં ટેબલ પર ગોઠવી દો. વર્ગખંડમાં એકદમ શાંતિ પ્રસ્થાપિત કરો. તેમની આવૃત્તિ થોડી જુદી કરવા કોઈ એક સ્વરકાંટાની બાજુઓ પર પ્લાસ્ટીસીન અથવા મીણ લગાડો અથવા વજન એડહેસિવ ટેપ વડે ચુસ્ત રીતે બાંધવું. બંને સ્વરકાંટા સારા હોવા જોઈએ અને 8થી 10 sec સુધી સંભળાય એવો અવાજ આપે.

નિદર્શન 21

સ્પ્રિંગ વડે સ્થિત તરંગોનું નિદર્શન કરવું.

તાર વાળી સ્પ્રિંગ (સ્લિન્કી નહિ પણ ભારે)ના એક છેડાને દરવાજાના હેન્ડલ સાથે બાંધી બીજા છેડાને ખેંચીને 6m થી 7 m સુધી લાંબી કરો. તે વચ્ચેથી લચકશે પણ તેની નિદર્શન પર કોઈ અસર નહિ થાય. હવે સ્પ્રિંગના મુક્ત છેડાને લંબગત સમક્ષિતિજ આંચકો આપવો જેથી તરંગ ઉત્પન્ન થઈ, આગળ વધે, પરાવર્તિત થઈ પાછો આવે અને પાછો પરાવર્તિત થઈ પાછો આગળ જાય. આવી રીતે સતત ચાલ્યા કરે. સ્પ્રિંગને જમીન પર રાખવા કરતા હવામાં રાખવાથી અવમંદન ઓછું થાય અને સ્પષ્ટ અને સમજાય તેવું નિદર્શન મળે.

હવે ચોક્કસ સમયાંતરે શ્રેણીબદ્ધ આંચકાઓ આપી સતત લંબગત તરંગ ઉત્પન્ન કરો. હાથથી આંચકા આપવાનો આવર્તકાળ બદલી તરંગોની આવૃત્તિ બદલી શકાય જેથી સ્પ્રિંગમાં સ્થિત તરંગો ઉદ્ભવે. તમને જોવા મળશે કે જ્યારે પૂર્ણાંકમાં લુપ મળે જેમકે 1, 2, 3 વગેરે. આખી સ્પ્રિંગમાં ગોઠવાય ત્યારે જ સ્થિત તરંગો ઉદ્ભવ્યા છે તેમ કહેવાય. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો સ્થિત તરંગો અમુક ચોક્કસ આવર્તકાળ માટે જ શક્ય છે.

આપેલ ખેંચાયેલી સ્પ્રિંગમાં જ્યારે એક લુપ, બે લુપ, ત્રણ લુપ વગેરે હોય ત્યારે દરેક વખતે વિદ્યાર્થીને આવર્તકાળ માપવાનું કહો. સ્પ્રિંગમાં લંબાઈના સમાન વધારા અને સમાન તણાવબળના કિસ્સામાં, એક લુપ, બે લુપ, ત્રણ લુપના આવર્તકાળ એકબીજા સાથે શું સંબંધ ધરાવે છે ?

સ્થિત તરંગો ઉત્પન્ન કરતી વખતે, અચાનક તમારો હાથ હલાવવાનું બંધ કરી ઊર્જા આપવાનું બંધ કરો. જોવા મળશે કે સ્પ્રિંગ એ જ આવર્તકાળ અને એટલા જ લુપ સાથે અમુક સમય સુધી દોલન કરવાનું ચાલુ રાખશે. એટલે ખેંચાયેલી સ્પ્રિંગ એક કરતા વધુ મોડમાં (Modes) એક લુપ, બે લુપ, ત્રણ લુપમાં મુક્ત દોલનો કરી શકે છે. જે આવર્તકાળના સ્થિત તરંગો આપણે બનાવી શકીએ છે તેને સ્પ્રિંગના પ્રાકૃતિક આવર્તકાળ કહીએ છીએ.

માટે, જ્યારે તમે સ્થિત તરંગો ઉત્પન્ન કરતા હો અને તેનું અવલોકન કરતા હો ત્યારે તમે તેને અનુનાદની ઘટના તરીકે લઈ આ કિસ્સામાં વસ્તુ કોઈ એક આવર્તકાળથી મુક્ત દોલનો કરી શકતી હોવા છતાંય તે પ્રણોદિત દોલનો (ખેંચાયેલી સ્પ્રિંગ) કરે છે. આવું સાદા લોલક જે આપણે અનુનાદ સમજવા માટે આગળના પ્રયોગોમાં જોયું હતું તે આવું નથી કરી શકતી.

જે સ્પ્રિંગનાં બંને ગતિ કરવા મુક્ત હોય તેવી સ્પ્રિંગથી પણ સ્થિત તરંગોનું નિદર્શન કરી શકાય છે. સ્પ્રિંગના એક છેડે 3થી 4 m લાંબી દોરી બાંધો. દોરીનો બીજો છેડો કોઈ એક હુક પર અથવા દરવાજાના હેન્ડલ પર બાંધો. સ્પ્રિંગના છેડાને હાથથી હલાવી તેમાં સતત લંબગત તરંગ ઉત્પન્ન કરો. તમને આ કિસ્સામાં ઉદ્ભવેલા સ્થિત તરંગો એક છેડો બાંધેલી સ્પ્રિંગના સ્થિત તરંગો કરતા

જુદા લાગ્યા ને. બંને પરિસ્થિતિમાં સ્થિત તરંગોના સ્વરૂપમાં તફાવત દેખાય છે. આ તફાવતના કારણોની ચર્ચા કરો. વળી, લુપની સંખ્યા પણ નોંધો.

હાથની હલનચલનથી $\frac{1}{2}$લુપ, $1\frac{1}{2}$ લુપ, $2\frac{1}{2}$ લુપ એવી રીતે લઈ આવર્તકાળ બદલો. (લંબાઈમાં વધારો એ જ રાખી).

જ્યારે સ્પ્રિંગ તમારા હાથમાં ન હતી અને લંબાઈનો વધારો એ જ હતો ત્યારના આવર્તકાળ, અત્યારે મળેલ આવર્તકાળ સાથે શું સંબંધ થશે ?

નોંધ :

ગાણિતિક રીતે એવું બતાવી શકાય કે અનંત માધ્યમમાં પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં સમાન આવૃત્તિ (અને તેથી સમાન વેગ)થી ગતિ કરતા બે તરંગોના સંપાતીકરણથી સ્થિત તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે. આ ગાણિતિક કાર્યમાં સ્થિત તરંગોના ઉત્પન્ન થવા માટે કોઈ ચોક્કસ આવૃત્તિની જરૂર નથી. આ ગાણિતિક પરિણામને સાદા પ્રાયોગિક નિદર્શનમાં રૂપાંતર કરી શકાતું નથી. પ્રયોગમાં આપણે મર્યાદિત માધ્યમ જેમકે મર્યાદિત લંબાઈવાળી ખેંચાયેલી સ્પ્રિંગ લેવી પડે છે. સીમાવાળું મર્યાદિત માધ્યમને પોતાની પ્રાકૃતિક આવૃત્તિઓ હોય છે એને આપણે પ્રયોગમાં એ જ આવૃત્તિઓ લઈએ છીએ. આ નિદર્શનમાં એક તરંગ હાથથી ઉત્પન્ન કરીએ અને બીજુ તરંગ (જે વિરુદ્ધ દિશામાં ગતિ કરે) પરાવર્તિત તરંગ લઈએ અને બંનેનું સંપાતિકરણ સ્થિત તરંગો ઉત્પન્ન કરે છે. આ નિદર્શન ઉપર દર્શાયેલ ગાણિતિક પરિણામનું ઉદાહરણ પૂરું પાડે છે.

પરિશિષ્ટ

પરિશિષ્ટ A-1
અમુક મહત્ત્વના અચળાંકો

નામ	ચિહ્ન	મૂલ્ય
શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશનો વેગ	c	2.9979×10^{8} m s^{-1}
ઇલેક્ટ્રૉનનો વિદ્યુતભાર	e	1.602×10^{-19} C
ગુરુત્વાકર્ષણનો અચળાંક	G	6.673×10^{-11} N m^2 kg^{-2}
પ્લાન્કનો અચળાંક	h	6.626×10^{-34} J s
બોલ્ટ્ઝમાનનો અચળાંક	k	1.381×10^{-23} J K^{-1}
એવોગેડ્રો અંક	N_A	6.022×10^{23} mol^{-1}
વાયુનો સાર્વત્રિક અચળાંક	R	8.314 J mol^{-1} K^{-1}
ઇલેક્ટ્રૉનનું દળ	m_e	9.110×10^{-31} kg
ન્યૂટ્રૉનનું દળ	m_n	1.675×10^{-27} kg
પ્રૉટોનનું દળ	m_p	1.673×10^{-27} kg
ઇલેક્ટ્રૉનનો વીજભાર અને દળનો ગુણોત્તર	e/m_e	1.759×10^{11} C/kg
ફેરેડેનો અચળાંક	F	9.648×10^{4} C/mol
રીડબર્ગનો અચળાંક	R	1.097×10^{7} m^{-1}
બોહર ત્રિજ્યા	α_0	5.292×10^{-11} m
સ્ટીફન-બોલ્ટ્ઝમાનનો અચળાંક	σ	5.670×10^{-8} W m^{-2} K^{-4}
વીનનો અચળાંક	b	2.898×10^{-3} m K
મુક્ત અવકાશની પરમિટિવિટી (પરાવૈદ્યુતાંક)	ε_0	8.854×10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}
	$1/4\pi\varepsilon_0$	8.987×10^{9} N m^{-2} C^{-2}
મુક્ત અવકાશની પરમિએબિલિટી(પારગમ્યતા)	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ T m A^{-1}
		$\cong 1.257 \times 10^{-6}$ Wb $A^{-1}m^{-1}$

બીજા ઉપયોગી અચળાંકો

નામ	ચિહ્ન	મૂલ્ય
ઉષ્માનો યાંત્રિક તુલ્યાંક	J	4.186 J cal^{-1}
પ્રમાણભૂત વાતાવરણનું દબાણ	1 atm	1.013×10^{5} Pa
નિરપેક્ષ શૂન્ય તાપમાન	0 K	– 273.15 °C
ઇલેક્ટ્રૉન વૉલ્ટ	1 eV	1.602×10^{-19} J
એકીકૃત પરમાણ્વીય દળ એકમ	1 u	1.661×10^{-27} kg
ઇલેક્ટ્રૉનની સ્થિરઊર્જા	mc^2	0.511 MeV
1 u ને સમકક્ષ ઊર્જા	1 uc^2	931.5 MeV
આદર્શ વાયુનું કદ (0 °C અને 1 atm પર)	V	22.4 L mol^{-1}
ગુરુત્વપ્રવેગ (વિષુવવૃત્ત પર દરિયાની સપાટી પર)	g	9.78049 m s^{-2}

પરિશિષ્ટ A-2
પદાર્થની ઘનતા (20 °C)

પદાર્થ	ઘનતા (10^3 kgm^{-3})	પદાર્થ	ઘનતા (10^3 kgm^{-3})
આલ્કોહોલ (મિથાઇલ)	0.81	ઑલીવ ઓઇલ (Olive oil)	0.9
આલ્કોહોલ (ઇથાઇલ)	0.79	ક્વાર્ટ્ઝ (Quartz)	2.6
એસ્બેસ્ટોસ (Asbestos)	2.4	દરિયાનું પાણી (Sea water 1.03)	
પિત્તળ (60.40) (Brass 60.40)	8.4	સ્ટેનલેસ સ્ટીલ (Stainless steel)	7.8
પિત્તળ (70.30) (Brass 70.30)	8.5	ટર્પેન્ટાઇન (Turpentine 0.85)	
ભરતર લોખંડ (Cast iron)	7.0	ઘડતર લોખંડ (Wrought iron)	7.8
દિવેલ (Caster Oil)	0.95	જસત (Zinc)	7.1
ચારકોલ (Charcoal)	0.4	પાણી 0°C	0.99987
કોલસો (Coal)	1.6 – 1.4	4 °C	1.00000
તાંબુ (Copper)	8.9	20 °C	0.99823
કૉન્સ્ટેન્ટેન (Constantan)	8.9	100 °C	0.9584
બૂચ (Cork)	0.24	ભારે પાણી (Heavy Water)	
હીરો (Diamond)	3.5	(D_2O) મહત્તમ ઘનતાએ	
જર્મન સિલ્વર (German Silver)	8.4	તાપમાન, 11 °C	1.106
કાચ (Glass)	2.5		
ગ્લિસરીન (Glycerine)	1.3	પેટ્રોલ	0.70
સોનું (શુદ્ધ)	19.3	કેરોસીન 0.80	
સોનું (22 કેરેટ)	17.5	મીઠાનું દ્રાવણ	1.189
સોનું (9 કેરેટ)	11.3	(20% વજનવાળું.)	
ગ્રેફાઇટ (Graphite)	2.3	હવા (STP પર)	0.00129
બરફ (Ice)	0.92	કાર્બન ડાયોક્સાઇડ (STP)	0.00198
મેગેંનીન (Manganin)	8.5	હાઇડ્રોજન (STP)	0.00009
નરમ સ્ટીલ (Mild Steel)	7.9	ઑક્સિજન (STP)	0.00143
દૂધ (Milk)	1.03	નાઇટ્રોજન (STP)	0.00125
પારો (Mercury)	13.56		

પરિશિષ્ટ A-3
ઊંચાઈ સાથે વાતાવરણના તાપમાન અને દબાણમાં ફેરફારો
(દરિયાની સપાટી પર દબાણ = પ્રમાણભૂત વાતાવરણ અને તાપમાન = 15 °C ધારેલું)

ઊંચાઈ (metres) (1)	દબાણ (millibars) (2)	તાપમાન (°C) (3)
0	1013.25	15.0
250	983.58	13.4
500	854.61	11.8
750	926.34	10.1
1000	898.75	8.5
1500	825.56	5.2
2000	794.25	2.0
2500	746.82	1.2
3000	701.08	– 4.5
3500	657.64	– 7.8
4000	616.40	–11.0
4500	577.28	–14.2
5000	540.20	–17.5
6000	471.81	–29.0
7000	410.61	–30.5
8000	356.00	–37.0
9000	307.42	–43.5
10000	246.36	–50.0

પરિશિષ્ટ A-4

ભારતના જુદા જુદા સ્થળોએ ગુરુત્વપ્રવેગ, અક્ષાંશ, રેખાંશ અને ઊંચાઈ

Place	g(m/s²)	અક્ષાંશ (*N*)	રેખાંશ (*E*)	ઊંચાઈ (*m*)
આગ્રા	9.7905	27°12'	78°02'	158
અલીગઢ	9.7908	27°54'	78°05'	187
અલાહાબાદ	9.7894	25°27'	81°51'	94
વારાણસી	9.7893	25°20'	83°00'	81
મુંબઈ	9.7863	18°54'	72°49'	10
કોલકાતા	9.7880	22°35'	88°20'	6
દિલ્લી	9.7914	28°40'	77°14'	216
વિષુવવૃત્ત	9.7805	00°00'	n.a.	0
જયપુર	9.7900	26°55'	75°47'	433
ઉદયપુર	9.7881	24°35'	73°44'	563
શ્રીનગર	9.7909	34°05'	74°50'	159
ઉત્તર ધ્રુવ	9.8322	90°00'	n.a.	0
ચેન્નાઈ	9.7828	13°04'	80°15'	6
થિરૂઅનંતપુરમ્	9.7812	8°28'	76°58'	27
તિરુપતિ	9.7822	13°38'	79°24'	169
મદુરાઈ	9.7810	9°55'	78°7'	133
બૅંગલુરૂ	9.7803	12°57	77°37'	915
ગુવાહાટી	9.7899	26°12'	91°45'	52
ભુવનેશ્વર	9.7866	20°28'	85°54'	23

પરિશિષ્ટ A-5

પ્રવાહીઓનું પૃષ્ઠતાણ

પદાર્થ	કોના સંપર્ક સાથે	તાપમાન (°C)	પૃષ્ઠતાણ(10^{-3} Nm^{-1})
પાણી	હવા	10	74.22
	હવા	20	72.55
	હવા	30	71.18
	હવા	40	69.56
	હવા	50	67.91
એસીટિક ઍસિડ	વરાળ	10	28.8
	વરાળ	20	27.8
	વરાળ	50	24.8
ઇથાઇલ આલ્કોહોલ	હવા	0	24.05
	વરાળ	10	23.61
	વરાળ	20	22.75
	વરાળ	30	21.89
ગ્લિસરોલ	હવા	20	63.04
	વરાળ	90	58.6
મિથાઇલ આલ્કોહોલ	હવા	0	24.49
	હવા	20	22.61
	વરાળ	50	20.14
પારો	વરાળ	20	470
	વરાળ	100	456
ઓલેઇક ઍસિડ	હવા	20	32.5
કૅરોસીન	હવા	20	24
ટરપેન્ટાઇન	હવા	20	27

પરિશિષ્ટ A-6
પ્રવાહીઓનું શ્યાનતા ગુણાંક

પદાર્થ	તાપમાન (°C)	શ્યાનતા ગુણાંક (cP)
(1) પાણી	0	1.787
	20	1.002
	50	0.5468
	100	0.2818
(2) એસીટીક ઍસિડ	15	1.31
	30	1.04
	60	0.70
	100	0.43
(3) ઈથાઈલ આલ્કોહોલ	0	1.773
	20	1.200
	50	0.834
	70	0.504
(4) પારો	0	1.685
	20	1.554
	50	1.407
	100	1.240
	200	1.052
(5) મિથાઈલ આલ્કોહોલ	0	0.82
	20	0.597
	30	0.510
	50	0.403
(6) ગ્લિસરીન	20	1495
	25	942
	30	622
(7) કાર્બન ડાયસલ્ફાઈડ	0	0.436
	20	0.4375
	40	0.329
(8) દિવેલ	10	2420
	30	451
	50	125
(9) કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઈડ	0	1.348
	20	0.972
	40	0.744

પરિશિષ્ટ A-7
ઘન પદાર્થોના સ્થિતિસ્થાપક ગુણધર્મો

પદાર્થ	યંગ મૉડ્યુલસ (10^{10} Nm^{-2})	દૃઢતા સ્થિતિસ્થાપકતા અંક (10^{10} Nm^{-2})	બલ્ક મૉડ્યુલસ (10^{10} Nm^{-2})
ઍલ્યુમિનિયમ (Aluminium)	7.03	2.61	7.55
પિત્તળ (Brass 70/30)	10.06	3.73	11.18
તાંબુ (Copper)	12.98	9.83	13.78
સોનુ (Gold)	7.8	2.7	21.7
નરમ લોખંડ (Iron soft)	21.14	8.16	16.98
ચાંદી (Silver)	8.27	3.03	10.36
નરમ સ્ટીલ (Steel mild)	21.19	8.22	17.92
રબર (Rubber)	0.05	0.00015	-
લાકડું (ઓક) (Wood coak)	1.3	-	-
લાકડુ (ટીક) Wook (teak)	1.7	-	-
કાચ (Glass)	5.1-7.1	3.1	3.75
ક્વાર્ટ્ઝ (Quartz)	5.4	3.4	-

પરિશિષ્ટ A-8
ધ્વનિનો વેગ

પદાર્થ	તાપમાન (0 °C)	લંબગત તરંગનો વેગ (ms^{-1})	પદાર્થ	તાપમાન (0 °C)	લંબગત તરંગનો વેગ (ms^{-1})
આલ્કોહોલ	20	1177	હાઇડ્રોજન	0	1284
*ઍલ્યુમિનિયમ	20	5240	*લોખંડ	20	5170
હવા	0	331.45	પારો	20	1451
*પિત્તળ	20	3130-3450	નાઇટ્રોજન	0	334
*તાંબુ (annealed)	20	3790	*સ્ટીલ (tool)	20	5150
કાર્બન ડાયોક્સાઇડ	0	259	પાણી	20	1484
*ક્રાઉન કાચ	20	4710-5300	પાણીની વરાળ	100	405
*ફ્લિન્ટ કાચ	20	3490-4550	ઑક્સિજન	0	316

*ઘન પદાર્થોના કિસ્સામાં, પાતળા સળિયામાં લંબગત તરંગોના વેગ આપેલા છે.

જે વાયુઓ માટે v_0, (ધ્વનિનો 0 °C તાપમાને વેગ) આપેલા છે, તેમાં t ^{0}C તાપમાને ધ્વનિનો વેગ (ઘણી સારી ચોકસાઈથી) નીચે પ્રમાણે છે

$$v_t = v_0\left(\frac{273.15+t}{273.15}\right)^{\frac{1}{2}}$$

પરિશિષ્ટ A-9
અમુક પસંદગીની વસ્તુઓની સરેરાશ ઝડપ

S.No.	વસ્તુ	ઝડપ
1.	ગોકળગાય	1.6 mm/s
2.	કાચબો	10 to 15 cm/s
3.	ચાલતો માણસ	80 to 160 cm/s
4.	સાયકલ સવાર માણસ	2.5 to 5 m/s
5.	100 m દોડ (આંતરરાષ્ટ્રીય પુરુષો)	~10 m/s
6.	રેલવે ટ્રેન (1988માં સૌથી ઝડપી-શતાબ્દી ઍક્સપ્રેસ)	38.9 m/s
7.	ચિત્તો (સૌથી ઝડપી ધરતી પરનું પ્રાણી)	29 m/s
8.	સુરજીત (સૌથી ઝડપી પક્ષી)	100 m/s
9.	જમ્બોજેટ વિમાન	267 m/s
10.	હવામાં ધ્વનિ	331 m/s
11.	પૃથ્વી નજીકનો ઉપગ્રહ	7.7 km/s
12.	સૂર્યની આસપાસ ફરતી પૃથ્વી	29.9 km/s
13.	પ્રકાશ	300,000 km/s

પરિશિષ્ટ A-10
અમુક સામાન્ય સપાટીઓ વચ્ચેનું ઘર્ષણાંક

સંપર્કમાં પદાર્થો	પરિસ્થિતિ	ઘર્ષણાંક
કાચ પર કાચ	ચોખ્ખું અને કોરું	0.18
કાચ પર લાકડુ	ચોખ્ખુ અને કોરુ	0.2 to 0.3
લાકડા પર લાકડુ	ચોખ્ખુ અને કોરુ	0.25 to 0.5
સ્ટીલ પર લાકડુ	ચોખ્ખુ અને કોરુ	0.20 to 0.25
સ્ટીલ પર સ્ટીલ	ચોખ્ખુ અને કોરુ	0.17 - 0.23
સ્ટીલ પર સ્ટીલ	ગ્રીસ લગાડેલી	0.05
કોંક્રીટ પર પત્થર	કોરું	0.45
કોંક્રીટ પર કારનું ટાયર	સામાન્ય ઝડપ	0.40

પરિશિષ્ટ A-11
પ્રમાણભૂત તારના ગેજ

માપ (S.W.G)	વ્યાસ (mm)	માપ (S.W.G.)	વ્યાસ (mm)
1	7.62	21	0.813
2	7.01	22	0.711
3	6.40	23	0.610
4	5.89	24	0.559
5	5.38	25	0.508
6	4.88	26	0.457
7	4.47	27	0.417
8	4.06	28	0.376
9	3.66	29	0.345
10	3.25	30	0.315
11	2.95	31	0.295
12	2.64	32	0.274
13	2.34	33	0.254
14	2.03	34	0.234
15	1.83	35	0.213
16	1.63	36	0.193
17	1.42	37	0.173
18	1.22	38	0.152
19	1.02	39	0.132
20	0.914	40	0.122

પરિશિષ્ટ A-12
પ્રસરણાંક

ઘન પદાર્થ	રેખીય પ્રસરણાંક (10^{-6} K^{-1})	પ્રવાહી	કદ પ્રસરણાંક (10^{-4} K^{-1})
ઍલ્યુમિનિયમ	24	ઈથાઈલ આલ્કોહોલ	11.2
પિત્તળ	18 to 19	મિથાઈલ આલ્કોહોલ	12.2
તાંબુ	16.7	બેન્ઝીન	12.4
કોન્સ્ટેનટેન	18	ઈથાઈલ ઈથર	16.3
પાઈરેક્સ કાચ	3	ગ્લિસરીન	5.3
નરમ સોડા કાચ	8.5		
નરમ લોખંડ	10.0	પારો	1.8
ઘડતર લોખંડ	12.0	પાણી (15 °C)	1.5
બરફ	51.0	પાણી (99 °C)	7
સ્ટીલ	11.0	કેરોસીન	10.0
સીસું	23.0		
જસત (ઝીંક)	28.0		

પરિશિષ્ટ A-13
પદાર્થોની વિશિષ્ટ ઉષ્મા

પદાર્થ	વિશિષ્ટ ઉષ્મા, $Jkg^{-1}K^{-1}$	પદાર્થ	વિશિષ્ટ ઉષ્મા, $Jkg^{-1}K^{-1}$
ઘન		પ્રવાહી	
ઍલ્યુમિનિયમ (0 °C)	877	ઈથાઈલ આલ્કોહોલ	2436
તાંબુ (0 °C)	380	મિથાઈલ આલ્કોહોલ	2562
તાંબુ (50 °C)	390	બેન્ઝીન	1680
બરફ	2100	ઈથર	2352
નરમ લોખંડ	500	ગ્લિસરીન	2478
ઘડતર લોખંડ	483	પારો	140
સ્ટીલ	470	પાણી (15 °C)	4185.5
સીસું	130	ખારું પાણી (0 °C)	2970
પિત્તળ	380	દરિયાનું પાણી (17 °C)	3930
કોન્સ્ટેટેન	412		
જસત (0 °C)	384		
ક્રાઉન કાચ	670		
ફિલન્ટ કાચ	500		
રેતી	1000 to 800		

પરિશિષ્ટA-14
ગલન ગુપ્ત ઉષ્મા અને બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્મા

પદાર્થ	10^4 Jkg^{-1}
(i) ગલન ગુપ્ત ઉષ્મા	
ઍલ્યુમિનિયમ	40.2
કેલ્શીયમ	23.0
તાંબુ	20.5
સોનુ	6.3
લોખંડ	26.8
સીસુ	2.5
પારો	1.17
મેગ્નેશીયમ	37.7
પ્લેટીનમ	11.3
ચાંદી	10.5
સોડીયમ	11.3
ટીન (કલાઈ)	5.8
જસત (ઝીંક)	10.0
પાણી	33.4
(ii) બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્મા	
એસીટીક ઍસિડ	40.5
બેન્ઝીન	39.4
કાર્બન ડાઈસલ્ફાઈડ	35.1
ઈથર	35.1
પાણી (100 °C)	226.0
પાણી (30 °C)	243.0

પરિશિષ્ટ A-15
નિસ્યંદિત પાણીનું ઉત્કલનબિંદુ

દબાણ (10^5 Pa)	ઉત્કલનબિંદુ (°C)
0.784	93.0
0.88	96.2
0.98	99.1
1.013	100.0
1.209	105.0
1.76	116.3
1.96	119.6

પરિશિષ્ટ A-16

આંતરરાષ્ટ્રીય પ્રાયોગિક તાપમાન માપક્રમ 1968

		K	°C
1.	પાણીનું ત્રિબિંદુ	13.81	– 259.34
2.	પારાના 25 cm દબાણે હાઇડ્રોજનનો ઉત્કલન બિંદુ	17.042	– 256.108
3.	હાઇડ્રોજનનું ઉત્કલનબિંદુ	20.28	– 252.87
4.	નીઓન (neon) નું ઉત્કલનબિંદુ	27.102	– 246.048
5.	ઑક્સિજનનું ઉત્કલનબિંદુ	54.361	– 218.789
6.	આર્ગન (Argon)નું ઉત્કલનબિંદુ	83.798	– 189.352
7.	ઑક્સિજનનું સંઘનન બિંદુ	90.188	– 182.962
8.	પાણીનું ત્રિબિંદુ	273.16	0.01
9.	પાણીનું ઉત્કલનબિંદુ	373.15	100
10.	ટીન (કલાઇ)નું ઠારણ બિંદુ	505.1181	231.9681
11.	જસત (ઝીંક)નું ઠારણ બિંદુ	692.73	419.58
12.	ચાંદીનું ઠારણ બિંદુ	1235.08	961.93
13.	સોનાનું ઠારણ બિંદુ	1337.58	1064.43

નોંધ :

1. International Committee on Weights and Measures એ 1968 માં IPTS-68 ના નિયમો સ્વીકાર કર્યા
2. ઉત્કલન બિંદુ (સંઘનન બિંદુ) અને ઠારણ બિંદુએ પ્રમાણભૂત વાતાવરણના દબાણ (0°C તાપમાને પારાની 760 mm પારાની ઊંચાઈ અથવા 101325 Pa)એ લીધેલા છે.

BIBLIOGRAPHY

1.	Advanced Practical Physics,	Leslie Beckett (General Editor) John Murray,
2.	Physics is Fun (Book I to IV), Heinemann Educational Books Ltd.	Jim Jardine
3.	The Flying Circus of Physics,	Jearl Walker, New York: John Wiley & Sons Inc.
4.	Practical Physics for Pre-Engg./Pre.Medical/B.Sc. I students.	U.S. Kushwaha & S.S.Datta, Chandigarh: Panjab University.
5.	Practical Physics for Pre-University Students	U.S. Kushwaha & S.S. Datta, Chandigarh: Panjab University.
6.	A Lab. Manual of Physics,	D.P. Khandelwal, Vani Educational
7.	Physics-Guide to Experiments Vol I to V	The Nuffield Foundation, Longmans, Green and Co. Ltd.
8.	Physics Laboratory Guide	Physics Science Study Committee, Indian Edition published by NCERT, New Delhi.
9.	Physics, an Experimental Science	White and White, Van Nostrand
10.	Source Book for Science Teaching	UNESCO (Revised Edition)
11.	Physics Resource Materials for Secondary School Teachers, Vol. I and II,	Regional College of Education, Mysore.
12.	Physics Experiments and Projects	W.Bolton, Pergamon Press.
13.	Enjoy Physics	Vinay B. Kamble, Vikram Sarabhai Community Science Centre.
14.	Projects in Physics	N.D.N. Belham, London: B.T. Batsford Ltd.
15.	Physics Through Experiments Vol. II - Mechanical Systems	B. Saraf and D.P. Khandelwal, Vikas Publishing House.
16.	Great Experiments in Physics	Edited by Morris H. Shamos, New York : Holt, Rinehart and Winston.
17.	Laboratory Experiments in Physcis	Charles E. Dull, H. Clark Metcal and John E. Williams. New York; Holt, Rinehart and Winston.
18.	The Many Faces of Teaching and Learning Mechanics in Secondary and Tertiary Education	Edited by P.L. Linse, UNESCO - Utrecht.
19.	New Trends in Physics Teaching, Vol. III	Edited by John L. Lewis, UNESCO.
20.	New Trends in Physics Teaching, Vol. IV	Edited by E.J. Wenham, UNESCO,
21.	Teaching School Physics: A UNESCO Source Book	John L. Lewis, Paris: Penguine - UNESCO.
22.	Physics Laboratory Manual for Senior Secondary Classes, Vol. I, Class XI and Vol. II, Class XII	NCERT, New Delhi.
23.	A Textbook of Practical Physics, Book No.	H.S. Allen and H.Moore, Macmillan & Co,, 5697, 2007.
24.	Practical Physics,	W.S. Franklin, C.M., EBSCO, HOST.

25. Advanced Level Practical Work for Physics — Mike Crundell & Chris Mee, Hodder & Stoughton (seek books.com.air)

26. Practical Physics, — G.L. Squires, Cambridge University Press (2001).

27. Thinking Physics :Practical Lessons in Critical Thinking (Paperback) — Lewis C. Epstein.

અમુક ઉપયોગી વેબસાઈટો

1. www.meet - physics.net/David Harrison.
2. www.upscale.utoronto.ca/general internet/Harrison/Flash
3. www.ac.wwu.edu
4. www.scienceclarified.com
5. www.met.tamu.edu
6. hyperphysics.phy-astr.gsci.edu
7. http://kidsearth.nasa.gov/archive/airpressure
8. www.Amazon.co.uk/books
9. www.tesco.com/books/
10. www.choosebooks.com
11. www.doorone.co.uk/physics+books
12. www.GLsquires-2001-books.google.com
13. www.antiqbook.co.uk/boox/seab/5697.html
14. www.practicalphysics.org/go/guidance_43.html

કોષ્ટક I

LOGARITHMS (લઘુગણક)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	5 4	9 8	13 12	17 16	21 2O	26 24	30 28	34 32	38 36
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4 4	8 7	12 11	16 15	20 18	23 22	27 26	31 29	35 33
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3 3	7 7	11 10	14 14	18 17	21 20	25 24	28 27	32 31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3 3	6 7	10 10	13 13	16 16	19 19	23 22	26 25	29 29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3 3	6 6	9 9	12 12	15 14	19 17	22 20	25 23	28 26
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3 3	6 6	9 8	11 11	14 14	17 17	20 19	23 22	26 25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3 3	6 5	8 8	11 10	14 13	16 16	19 18	22 21	24 23
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	3 3	5 5	8 8	10 10	13 12	15 15	18 17	20 20	23 22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2 2	5 4	7 7	9 9	12 11	14 14	17 16	19 18	21 21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2 2	4 4	7 6	9 8	11 11	13 13	16 15	18 17	20 19
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6471	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8

LOGARITHMS (લઘુગણક)

કોષ્ટક 1 (ચાલુ)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7768	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9997	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

ANTILOGARITHMS (પ્રતિલઘુગણક)

કોષ્ટક II

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	3	4	5	6	6
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	3	4	5	6	6

ANTILOGARITHMS (પ્રતિલઘુગણક)

કોષ્ટક II (ચાલુ)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	42S6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
.77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

NATURAL SINES (પ્રાકૃતિક સાઈન)

કોષ્ટક I

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	3	6	9	12	15
1	.0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	3	6	9	12	15
2	.0349	0366	0384	0401	0419	0436	0454	0471	0488	0506	3	6	9	12	15
3	.0523	0541	0558	0576	0593	0610	0628	0645	0663	0680	3	6	9	12	15
4	.0698	0715	0732	0750	0767	0785	0802	0819	0837	0854	3	6	9	12	15
5	.0872	0889	0906	0924	0941	0958	0976	0993	1011	1028	3	6	9	12	14
6	.1045	1063	1080	1097	1115	1132	1149	1167	1184	1201	3	6	9	12	14
7	.1219	1236	1253	1271	1288	1305	1323	1340	1357	1374	3	6	9	12	14
8	.1392	1409	1426	1444	1461	1478	1495	1513	1530	1547	3	6	9	12	14
9	.1564	1582	1599	1616	1633	1650	1668	1685	1702	1719	3	6	9	12	14
10	.1736	1754	1771	1788	1805	1822	1840	1857	1874	1891	3	6	9	12	14
11	.1908	1925	1942	1959	1977	1994	2011	2028	2045	2062	3	6	9	11	14
12	.2079	2096	2113	2130	2147	2164	2181	2198	2215	2232	3	6	9	11	14
13	.2250	2267	2284	2300	2317	2334	2351	2368	2385	2402	3	6	8	11	14
14	.2419	2436	2453	2470	2487	2504	2521	2538	2554	2571	3	6	8	11	14
15	.2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2740	3	6	8	11	14
16	.2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907	3	6	8	11	14
17	.2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074	3	6	8	11	14
18	.3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239	3	6	8	11	14
19	.3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404	3	5	8	11	14
20	.3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567	3	5	8	11	14
21	.3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730	3	5	8	11	14
22	.3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891	3	5	8	11	14
23	.3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051	3	5	8	11	14
24	.4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210	3	5	8	11	13
25	.4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368	3	5	8	11	13
26	.4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524	3	5	8	10	13
27	.4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679	3	5	8	10	13
28	.4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833	3	5	8	10	13
29	.4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985	3	5	8	10	13
30	.5000	5015	5030	5045	5060	5075	5090	5105	5120	5135	3	5	8	10	13
31	.5150	5165	5180	5195	5210	5225	5240	5255	5270	5284	2	5	7	10	12
32	.5299	5314	5329	5344	5358	5373	5388	5402	5417	5432	2	5	7	10	12
33	.5446	5461	5476	5490	5505	5519	5534	5548	5563	5577	2	5	7	10	12
34	.5592	5606	5621	5635	5650	5664	5678	5693	5707	5721	2	5	7	10	12
35	.5736	5750	5764	5779	5793	5807	5821	5835	5850	5864	2	5	7	10	12
36	.5878	5892	5906	5920	5934	5948	5962	5976	5990	6004	2	5	7	9	12
37	.6018	6032	6046	6060	6074	6088	6101	6115	6129	6143	2	5	7	9	12
38	.6157	6170	6184	6198	6211	6225	6239	6252	6266	6280	2	5	7	9	11
39	.6293	6307	6320	6334	6347	6361	6374	6388	6401	6414	2	4	7	9	11
40	.6428	6441	6455	6468	6481	6494	6508	6521	6534	6547	2	4	7	9	11
41	.6561	6574	6587	6600	6613	6626	6639	6652	6665	6678	2	4	7	9	11
42	.6691	6704	6717	6730	6743	6756	6769	6782	6794	6807	2	4	6	9	11
43	.6820	6833	6845	6858	6871	6884	6896	6909	6921	6934	2	4	6	8	11
44	.6947	6959	6972	6984	6997	7009	7022	7034	7046	7059	2	4	6	8	10

NATURAL SINES (પ્રાકૃતિક સાઇન)

કોષ્ટક I (ચાલુ)

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
45	.7071	7083	7096	7108	7120	7133	7145	7157	7169	7181	2	4	6	8	10
46	.7193	7206	7218	7230	7242	7254	7266	7278	7290	7302	2	4	6	8	10
47	.7314	7325	7337	7349	7361	7373	7385	7396	7408	7420	2	4	6	8	10
48	.7431	7443	7455	7466	7478	7490	7501	7513	7524	7536	2	4	6	8	10
49	.7547	7558	7570	7581	7593	7604	7615	7627	7638	7649	2	4	6	8	9
50	.7660	7672	7683	7694	7705	7716	7727	7738	7749	7760	2	4	6	7	9
51	.7771	7782	7793	7804	7815	7826	7837	7848	7859	7869	2	4	5	7	9
52	.7880	7891	7902	7912	7923	7934	7944	7955	7965	7976	2	4	5	7	9
53	.7986	7997	8007	8018	8028	8039	8049	8059	8070	8080	2	3	5	7	9
54	.8090	8100	8111	8121	8131	8141	8151	8161	8171	8181	2	3	5	7	8
55	.8192	8202	8211	8221	8231	8241	8251	8261	8271	8281	2	3	5	7	8
56	.8290	8300	8310	8320	8329	8339	8348	8358	8368	8377	2	3	5	6	8
57	.8387	8396	8406	8415	8425	8434	8443	8453	8462	8471	2	3	5	6	8
58	.8480	8490	8499	8508	8517	8526	8536	8545	8554	8563	2	3	5	6	8
59	.8572	8581	8590	8599	8607	8616	8625	8634	8643	8652	1	3	4	6	7
60	.8660	8669	8678	8686	8695	8704	8712	8721	8729	8738	1	3	4	6	7
61	.8746	8755	8763	8771	8780	8788	8796	8805	8813	8821	1	3	4	6	7
62	.8829	8838	8846	8854	8862	8870	8878	8886	8894	8902	1	3	4	5	7
63	.8910	8918	8926	8934	8942	8949	8957	8965	8973	8980	1	3	4	5	6
64	.8988	8996	9003	9011	9018	9026	9033	9041	9048	9056	1	3	4	5	6
65	.9063	9070	9078	9085	9092	9100	9107	9114	9121	9128	1	2	4	5	6
66	.9135	9143	9150	9157	9164	9171	9178	9184	9191	9198	1	2	3	5	6
67	.9205	9212	9219	9225	9232	9239	9245	9252	9259	9265	1	2	3	4	6
68	.9272	9278	9285	9291	9298	9304	9311	9317	9323	9330	1	2	3	4	5
69	.9336	9342	9348	9354	9361	9367	9373	9379	9385	9391	1	2	3	4	5
70	.9397	9403	9409	9415	9421	9426	9432	9438	9444	9449	1	2	3	4	5
71	.9455	9461	9466	9472	9478	9483	9489	9494	9500	9505	1	2	3	4	5
72	.9511	9516	9521	9527	9532	9537	9542	9548	9553	9558	1	2	3	3	4
73	.9563	9568	9573	9578	9583	9588	9593	9598	9603	9608	1	2	3	3	4
74	.9613	9617	9622	9627	9632	9636	9641	9646	9650	9655	1	2	2	3	4
75	.9659	9664	9668	9673	9677	9681	9686	9690	9694	9699	1	1	2	3	4
76	.9703	9707	9711	9715	9720	9724	9728	9732	9736	9740	1	1	2	3	3
77	.9744	9748	9751	9755	9759	9763	9767	9770	9774	9778	1	1	2	3	3
78	.9781	9785	9789	9792	9796	9799	9803	9806	9810	9813	1	1	2	2	3
79	.9816	9820	9823	9826	9829	9833	9836	9839	9842	9845	1	1	2	2	3
80	.9848	9851	9854	9857	9860	9863	9866	9869	9871	9874	0	1	1	2	2
81	.9877	9880	9882	9885	9888	9890	9893	9895	9898	9900	0	1	1	2	2
82	.9903	9905	9907	9910	9912	9914	9917	9919	9921	9923	0	1	1	2	2
83	.9925	9928	9930	9932	9934	9936	9938	9940	9942	9943	0	1	1	1	2
84	:9945	9947	9949	9951	9952	9954	9956	9957	9959	9960	0	1	1	1	2
85	.9962	9963	9965	9966	9968	9969	9971	9972	9973	9974	0	0	1	1	1
86	.9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	0	0	1	1	1
87	.9986	9987	9988	9989	9990	9990	9991	9992	9993	9993	0	0	0	1	1
88	.9994	9995	9995	9996	9996	9997	9997	9997	9998	9998	0	0	0	0	0
89	.9998	9999	9999	9999	9999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0	0	0	0	0
90	1.000														

NATURAL COSINES (પ્રાકૃતિક કોસાઇન)

કોષ્ટક II

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.9999	9999	9999	9999	0	0	0	0	0
1	.9998	9998	9998	9997	9997	9997	9996	9996	9995	9995	0	0	0	0	0
2	.9994	9993	9993	9992	9991	9990	9990	9989	9988	9987	0	0	0	1	1
3	.9986	9985	9984	9983	9982	9981	9980	9979	9978	9977	0	0	1	1	1
4	.9976	9974	9973	9972	9971	9969	9968	9966	9965	9963	0	0	1	1	1
5	.9962	9960	9959	9957	9956	9954	9952	9951	9949	9947	0	1	1	1	2
6	.9945	9943	9942	9940	9938	9936	9934	9932	9930	9928	0	1	1	1	2
7	.9925	9923	9921	9919	9917	9914	9912	9910	9907	9905	0	1	1	2	2
8	.9903	9900	9898	9895	9893	9890	9888	9885	9882	9880	0	1	1	2	2
9	.9877	9874	9871	9869	9866	9863	9860	9857	9854	9851	0	1	1	2	2
10	.9848	9845	9842	9839	9836	9833	9829	9826	9823	9820	1	1	2	2	3
11	.9816	9813	9810	9806	9803	9799	9796	9792	9789	9785	1	1	2	2	3
12	.9781	9778	9774	9770	9767	9763	9759	9755	9751	9748	1	1	2	3	3
13	.9744	9740	9736	9732	9728	9724	9720	9715	9711	9707	1	1	2	3	3
14	.9703	9699	9694	9690	9686	9681	9677	9673	9668	9664	1	1	2	3	4
15	.9659	9655	9650	9646	9641	9636	9632	9627	9622	9617	1	2	2	3	4
16	.9613	9608	9603	9598	9593	9588	9583	9578	9573	9568	1	2	2	3	4
17	.9563	9558	9553	9548	9542	9537	9532	9527	9521	9516	1	2	3	3	4
18	.9511	9505	9500	9494	9489	9483	9478	9472	9466	9461	1	2	3	4	5
19	.9455	9449	9444	9438	9432	9426	9421	9415	9409	9403	1	2	3	4	5
20	.9397	9391	9385	9379	9573	9367	9361	9354	9348	9342	1	2	3	4	5
21	.9336	9330	9323	9317	9311	9304	9298	9291	9285	9278	1	2	3	4	5
22	.9272	9265	9259	9252	9245	9239	9232	9225	9219	9212	1	2	3	4	6
23	.9205	9198	9191	9184	9178	9171	9164	9157	9150	9143	1	2	3	5	6
24	.9135	9128	9121	9114	9107	9100	9092	9085	9078	9070	1	2	4	5	6
25	.9063	9056	9048	9041	9033	9026	9018	9011	9003	8996	1	3	4	5	6
26	.8988	8980	8973	8965	8957	8949	8942	8934	8926	8918	1	3	4	5	6
27	.8910	8902	8894	8886	8878	8870	8862	8854		8838	1	3	4	5	7
28	.8829	8821	8813	8805	8796	8788	8780	8771	8763	8755	1	3	4	6	7
29	.8746	8738	8729	8721	8712	8704	8695	8686	8678	8669	1	3	4	6	7
30	.8660	8652	8643	8634	8625	8616	8607	8599	8590	8581	1	3	4	6	7
31	.8572	8563	8554	8545	8536	8526	8517	8508	8499	8490	2	3	5	6	8
32	.8480	8471	8462	8453	8443	8434	8425	8415	8406	8396	2	3	5	6	8
33	.8387	8377	8368	8358	8348	8339	8329	8320	8310	8300	2	3	5	6	8
34	.8290	8281	8271	8261	8251	8241	8231	8221	8211	8202	2	3	5	7	8
3S	.8192	8181	8171	8161	8151	8141	8131	8121	8111	8100	2	3	5	7	8
36	.8090	8080	8070	8059	8049	8039	8028	8018	8007	7997	2	3	5	7	8
37	.7986	7976	7965	7955	7944	7934	7923	7912	7902	7891	2	4	5	7	9
38	.7880	7869	7859	7848	7837	7826	7815	7804	7793	7782	2	4	5	7	9
39	.7771	7760	7749	7738	7727	7716	7705	7694	7683	7672	2	4	6	7	9
40	.7660	7649	7638	7627	7615	7604	7593	7581	7570	7559	2	4	6	8	9
41	.7547	7536	7524	7513	7501	7490	7478	7466	7455	7443	2	4	6	8	10
42	.7431	7420	7408	7396	7385	7373	7361	7349	7337	7325	2	4	6	8	10
43	.7314	7302	7290	7278	7266	7254	7242	7230	7218	7206	2	4	6	8	10
44	.7193	7181	7169	7157	7145	7133	7120	7108	7096	7083	2	4	6	8	10

NATURAL COSINES (પ્રાકૃતિક કોસાઈન)

કોષ્ટક II (ચાલુ)

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
45	.7071	7059	7046	7034	7022	7009	6997	6984	6972	6959	2	4	6	8	10
46	.6947	6934	6921	6909	6896	6884	6871	6858	6845	6833	2	4	6	8	11
47	.6820	6807	6794	6782	6769	6756	6743	6730	6717	6704	2	4	6	9	11
48	.6691	6678	6665	6652	6639	6626	6613	6600	6587	6574	2	4	7	9	11
49	.6561	6547	6534	6521	6508	6494	6481	6468	6455	6441	2	4	7	9	11
50	.6428	6414	6401	6388	6374	6361	6347	6334	6320	6307	2	4	7	9	11
51	.6293	6280	6266	6252	6239	6225	6211	6198	6184	6170	2	5	7	9	11
52	.6157	6143	6129	6115	6]01	6088	6074	6060	6046	6032	2	5	7	9	11
53	.6018	6004	5990	5976	5962	5948	5934	5920	5906	5892	2	5	7	9	12
54	.5878	5864	5850	5835	5821	5807	5793	5779	5764	5750	2	5	7	9	12
55	.5736	5721	5707	5693	5678	5664	5650	5635	5621	5606	2	5	7	10	12
56	.5592	5577	5563	5548	5534	55]9	5505	5490	5476	5461	2	5	7	10	12
57	.5446	5432	5417	5402	5388	5373	5358	5344	5329	5314	2	5	7	10	12
58	.5299	5284	5270	5255	5240	5225	5210	5195	5180	5165	2	5	7	10	12
59	.5150	5135	5120	5105	5090	5075	5060	5045	5030	5015	3	5	8	10	13
60	.5000	4985	4970	4955	4939	4924	4909	4894	4879	4863	3	5	8	10	13
61	.4848	4833	4818	4802	4787	4772	4756	4741	4726	4710	3	5	8	10	13
62	.4695	4679	4664	4648	4633	4617	4602	4586	4571	4555	3	5	8	10	13
63	.4540	4524	4509	4493	4478	4462	4446	4431	4415	4399	3	5	8	10	13
64	.4384	4368	4352	4337	4321	4305	4289	4274	4258	4242	3	5	8	11	13
65	.4226	4210	4195	4179	4163	4147	4131	4115	4099	4083	3	5	8	11	13
66	.4067	4051	4035	4019	4003	3987	3971	3955	3939	3923	3	5	8	11	14
67	.3907	3891	3875	3859	3843	3827	3811	3795	3778	3762	3	5	8	11	14
68	.3746	3730	3714	3697	3681	3665	3649	3633	3616	3600	3	5	8	11	14
69	.3584	3567	3551	3535	3518	3502	3486	3469	3453	3437	3	5	8	11	14
70	.3420	3404	3387	3371	3355	3338	3322	3305	3289	3272	3	5	8	11	14
71	.3256	3239	3223	3206	3190	3173	3156	3140	3123	3107	3	6	8	11	14
72	.3090	3074	3057	3040	3024	3007	2990	2974	2957	2940	3	6	8	11	14
73	.2924	2907	2890	2874	2857	2840	2823	2807	2790	2773	3	6	8	11	14
74	.2756	2740	2723	2706	2689	2672	2656	2639	2622	2605	3	6	8	11	14
75	.2588	2571	2554	2538	2521	2504	2487	2470	2453	2436	3	6	8	11	14
76	.2419	2402	2385	2368	2351	2334	2317	2300	2284	2267	3	6	8	11	14
77	.2250	2233	2215	2198	2181	2164	2147	2130	2113	2096	3	6	9	11	14
78	.2079	2062	2045	2028	2011	1994	1977	1959	1942	1925	3	6	9	11	14
79	.1908	1891	1874	1857	1840	1822	1805	1788	1771	1754	3	6	9	11	14
80	.1736	1719	1702	1685	1668	1650	1633	1616	1599	1582	3	6	9	12	14
81	.1564	1547	1530	1513	1495	1478	1461	1444	1426	1409	3	6	9	12	14
82	.1392	1374	1357	1340	1323	1305	1288	1271	1253	1236	3	6	9	12	14
83	.1219	1201	1184	1167	1149	1132	1115	1097	1080	1063	3	6	9	12	14
84	.1045	1028	1011	0993	0976	0958	0941	0924	0906	0889	3	6	9	12	14
85	.0872	0854	0837	0819	0802	0785	0767	0750	0732	0715	3	6	9	12	15
86	.0698	0680	0663	0645	0628	0610	0593	0576	0558	0541	3	6	9	12	15
87	.0523	0506	0488	0471	0454	0436	0419	0401	0384	0366	3	6	9	12	15
88	.0349	0332	0314	0297	0279	0262	0244	0227	0209	0192	3	6	9	12	15
89	.0175	0157	0140	0122	0105	0087	0070	0052	0035	0017	3	6	9	12	15
90	.0000														

NATURAL TANGENTS (પ્રાકૃતિક ટેનજેન્ટ)

કોષ્ટક III

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	3	6	9	12	15
1	.0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	3	6	9	12	15
2	.0349	0367	0384	0402	0419	0437	0454	0472	0489	0507	3	6	9	12	15
3	.0524	0542	0559	0577	0594	0612	0629	0647	0664	0682	3	6	9	12	15
4	.0699	0717	0734	0752	0769	0787	0805	0822	0840	0857	3	6	9	12	15
5	.0875	0892	0910	0928	0945	0963	0981	0998	1016	1033	3	6	9	12	15
6	.1051	1069	1086	1104	1122	1139	1157	1175	1192	1210	3	6	9	12	15
7	.1228	1246	1263	1281	1299	1317	1334	1352	1370	1388	3	6	9	12	15
8	.1405	1423	1441	1459	1477	1495	1512	1530	1548	1566	3	6	9	12	15
9	.1584	1602	1620	1638	1655	1673	1691	1709	1727	1745	3	6	9	12	15
10	.1763	1781	1799	1817	1835	1853	1871	1890	1908	1926	3	6	9	12	15
11	.1944	1962	1980	1998	2016	2035	2053	2071	2089	2107	3	6	9	12	15
12	.2126	2144	2162	2180	2199	2217	2235	2254	2272	2290	3	6	9	12	15
13	.2309	2327	2345	2364	2382	2401	2419	2438	2456	2475	3	6	9	12	15
14	.2493	2512	2530	2549	2568	2586	2605	2623	2642	2661	3	6	9	12	16
15	.2679	2698	2717	2736	2754	2773	2792	2811	2830	2849	3	6	9	13	16
16	.2867	2886	2905	2924	2943	2962	2981	‘3000	3019	3038	3	6	9	13	16
17	.3057	3076	3096	3115	3134	3153	3172	3191	3211	3230	3	6	10	13	16
18	.3249	3269	3288	3307	3327	3346	3365	3385	3404	3424	3	6	10	13	16
19	.3443	3463	3482	3502	3522	3541	3561	3581	3600	3620	3	7	10	13	16
20	.3640	3659	3679	3699	3719	3739	3759	3779	3799	3819	3	7	10	13	17
21	.3839	3859	3879	3899	3919	3939	3959	3979	4000	4020	3	7	10	13	17
22	.4040	4061	4081	4101	4122	4142	4163	4183	4204	4224	3	7	10	14	17
23	.4245	4265	4286	4307	4327	4348	4369	4390	4411	4431	3	7	10	14	17
24	.4452	4473	4494	4515	4536	4557	4578	4599	4621	4642	4	7	11	14	18
25	.4663	4684	4706	4727	4748	4770	4791	4813	4834	4856	4	7	11	14	18
26	.4877	4899	4921	4942	4964	4986	5008	5029	5051	5073	4	7	11	15	18
27	.5095	5117	5139	5161	5184	5206	5228	5250	5272	5295	4	7	11	15	18
28	.5317	5340	5362	5384	5407	5430	5452	5475	5498	5520	4	8	11	15	19
29	.5543	5566	5589	5612	5635	5658	5681	5704	5727	5750	4	8	12	15	19
30	.5774	5797	5820	5844	5867	5890	5914	5938	5961	5985	4	8	12	16	20
31	.6009	6032	6056	6080	6104	6128	6152	6176	6200	6224	4	8	12	16	20
32	.6249	6273	6297	6322	6346	6371	6395	6420	6445	6469	4	8	12	16	20
33	.6494	6519	6544	6569	6594	6619	6644	6669	6694	6720	4	8	13	17	21
34	.6745	6771	6796	6822	6847	6873	699	6924	6950	6976	4	9	13	17	21
35	.7002	7028	7054	7080	7107	7133	7159	7186	7212	7239	4	9	13	18	22
36	.7265	7292	7319	7346	7373	7400	7427	7454	7481	7508	5	9	14	18	23
37	.7536	7563	7590	7618	7646	7673	7701	7729	7757	7785	5	9	14	18	23
38	.7813	7841	7869	7898	7926	7954	7983	8012	8040	8069	5	9	14	19	24
39	.8008	8127	8156	8185	8214	8243	8273	8302	8332	8361	5	10	15	20	24
40	.8391	8421	8451	8481	8511	8541	8571	8601	8632	8662	5	10	15	20	25
41	.8693	8724	8754	8785	8816	8847	8878	8910	8941	8972	5	10	16	21	26
42	.9004	9036	9067	9099	9131	9163	9195	9228	9260	9293	5	11	16	21	27
43	.9325	9358	9391	9424	9457	9490	9523	9556	9590	9623	6	11	17	22	28
44	.9657	9691 ‘	9725	9759	9793	9827	9861	9896	9930	9965	6	11	17	23	29

NATURAL TANGENTS (પ્રાકૃતિક ટેનજેન્ટ)

કોષ્ટક III (ચાલુ)

	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean				
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	Differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
45	1.0000	0035	0070	0105	0141	0176	0212	0247	0283	0319	6	12	18	24	30
46	1.0355	0392	0428	0464	0501	0538	0575	0612	0649	0686	6	12	18	25	31
47	1-0724	0761	0799	0837	0875	0913	0951	0990	1028	1067	6	13	19	25	32
48	1-1106	1145	1184	1224	1263	1303	1343	1383	1423	1463	7	13	20	27	33
49	1.1504	1544	1585	1626	1667	1708	1750	1792	1833	1875	7	14	21	28	34
50	1-1918	1960	2002	2045	2088	2131	2174	2218	2261	2305	7	14	22	29	35
51	1.2349	2393	2437	2482	2527	2572	2617	2662	2708	2753	8	15	23	30	38
52	1.2799	2846	2892	2938	2985	3032	3079	3127	3175	3222	8	16	24	31	39
53	1.3270	3319	3367	3416	3465	3514	3564	3613	3663	3713	8	16	25	33	41
54	1.3764	3814	3865	3916	3968	4019	4071	4124	4176	4229	9	17	26	34	43
55	1-4281	4335	4388	4442	4496	4550	4605	4659	4715	4770	9	18	27	36	45
56	1-4826	4882	4938	4994	5051	5108	5166	5224	5282	5340	10	19	29	38	48
57	1.5399	5458	5517	5577	5637	5697	5757	5818	5880	5941	10	20	30	40	50
58	1.6003	6066	6128	6191	6255	6319	6383	6447	6512	6577	11	21	32	43	53
59	1.6643	6709	6775	6842	6909	6977	7045	7113	7182	7251	11	23	34	45	56
60	1-7321	7391	7461	7532	7603	7.675	7747	7820	7893	7966	12	24	36	48	60
61	1.8040	8115	8190	8265	8341	8418	8495	8572	8650	8728	13	26	38	51	64
62	1.8807	8887	8967	9047	9128	9210	9292	9375	9458	9542	14	27	41	55	68
63	1.9626	9711	9797	9883	9970	2.0057	2.0145	2.0233	2.0323	2.0413	15	29	44	58	73
64	2.0503	0594	0686	0778	0872	0965	1060	1155	1251	1348	16	31	47	63	78
65	2.1445	1543	1642	1742	1842	1943	2045	2148	2251	2355	17	34	51	68	85
66	2.2460	2566	2673	2781	2889	2998	3109	3220	3332	3445	18	37	55	73	92
67	2.3559	3673	3789	3906	4023	4142	4262	4383	4504	4627	20	40	60	79	99
68	2.4751	4876	5002	5129	5257	5386	5517	5649	5782	5916	22	43	65	87	108
69	2.6051	6187	6325	6464	6605	6746	6889	7034	7179	7326	24	47	71	95	119
70	2.7475	7625	7776	7929	8083	8239	8397	8556	8716	8878	26	52	78	104	131
71	2.9042	9208	9375	9544	9714	9887	3.0061	3.0237	3.0415	3.0595	29	58	87	116	145
72	3.0777	0961	1146	1334	1524	1716	1910	2106	2305	2500	32	64	96	129	161
73	3.2709	2914	3122	3332	3544	3759	3977	4197	4420	4646	36	72	108	144	180
74	3.4874	5105	5339	5576	5816	6059	6305	6554	6806	7062	41	811	22	163	204
75	3.7321	7583	7848	8118	8391	8667	8947	9232	9520	9812	46	93	139	186	232
76	4.0108	0408	0713	1022	1335	i653	1976	2303	2635	2972	53	107	160	213	267
77	4.3315	3662	4015	4374	4737	5107	5483	5864	6252	6646					
78	4.7046	7453	7867	8288	8716	9152	9594	5.0045	5.0504	5.0970	Mean differences cease				
79	5.1446	1929	2422	2924	3435	3955	4486	5026	5578	6140	to be sufficiently accurate.				
80	5.6713	7297	7894	8502	9124	9758	6.0405	6.1066	6.1742	6.2432					
81	6.3138	3859	4596	5350	6122	6912	7720	8548	9395	7.0264					
82	7.1154	2066	3002	3%2	4947	5958	6996	8062	9158	8.0285					
83	8.1443	2636	3863	5126	6427	7769	9152	9.0579	9.2052	9.3572					
84	9.5144	9.677	9.845	10.02	10.20	10.39	10.58	10.78	10.99	11-20					
85	1143	11.66	11.91	12.16	12.43	12.71	13.00	13.30	13.62	13.95					
86	14.30	14.67	15.06	15.46	15.89	16.35	16.83	17.34	17.89	18.46					
87	19.08	19.74	20.45	21.20	22.02	22.90	23.86	24.90	26.03	27.27					
88	28.64	30.14	31.82	33.69	35.80	38.19	40.92	44.07	47.74	52.08					
89	57.29	63.66	71.62	81.85	95.49	114.6	143.2	191.0	286.5	573.0					
90	not defined														

NOTES

NOTES

NOTES