# प्रयोगशाला पुस्तिका

# भौतिकी

## कक्षा 11

© NCERT not to be republished

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

**1581 – प्रयोगशाला पुस्तिका भौतिकी**
कक्षा 11

**ISBN 978-93-5007-279-0**

***प्रथम संस्करण***
*मार्च 2015 फ़ाल्गुन 1936*

***पुनर्मुद्रण***
*अप्रैल 2018 वैशाख 1940*
*जून 2019 ज्येष्ठ 1941*
*अक्तूबर 2021 अश्विन 1943*
*मार्च 2022 फाल्गुन 1943*

**PD 5T RPS**

***© राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, 2015***

**₹ 195.00**

*एन.सी.ई.आर.टी. वाटरमार्क 80 जी.एस.एम. पेपर पर मुद्रित।*

सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, श्री अरविंद मार्ग, नयी दिल्ली 110 016 द्वारा प्रकाशन प्रभाग में प्रकाशित तथा ...........????????

**सर्वाधिकार सुरक्षित**

- प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना इस प्रकाशन के किसी भाग को छापना तथा इलैक्ट्रॉनिकी, मशीनी, फोटोप्रतिलिपि, रिकॉर्डिंग अथवा किसी अन्य विधि से पुन: प्रयोग पद्धति द्वारा उसका संग्रहण अथवा प्रसारण वर्जित है।
- इस पुस्तक की बिक्री इस शर्त के साथ की गई है कि प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना यह पुस्तक अपने मूल आवरण अथवा जिल्द के अलावा किसी अन्य प्रकार से व्यापार द्वारा उधारी पर, पुनर्विक्रय या किराए पर न दी जाएगी, न बेची जाएगी।
- इस प्रकाशन का सही मूल्य इस पृष्ठ पर मुद्रित है। रबड़ की मुहर अथवा चिपकाई गई पर्ची (स्टिकर) या किसी अन्य विधि द्वारा अंकित कोई भी संशोधित मूल्य गलत है तथा मान्य नहीं होगा।

**एन.सी.ई.आर.टी. के प्रकाशन प्रभाग के कार्यालय**

एन.सी.ई.आर.टी. कैंपस
श्री अरविंद मार्ग
**नयी दिल्ली 110 016** फोन : 011-26562708

108, 100 फीट रोड
हेली एक्सटेंशन, होस्डेकेरे
बनाशंकरी III इस्टेज
**बैंगलुरु 560 085** फोन : 080-26725740

नवजीवन ट्रस्ट भवन
डाकघर नवजीवन
**अहमदाबाद 380 014** फोन : 079-27541446

सी.डब्ल्यू.सी. कैंपस
निकट: धनकल बस स्टॉप पनिहटी
**कोलकाता 700 114** फोन : 033-25530454

सी.डब्ल्यू.सी. कॉम्प्लैक्स
मालीगांव
**गुवाहाटी 781021** फोन : 0361-2674869

**प्रकाशन सहयोग**

अध्यक्ष, प्रकाशन प्रभाग : *अनूप कुमार राजपूत*
मुख्य संपादक : *श्वेता उप्पल*
मुख्य उत्पादन अधिकारी : *अरुण चितकारा*
मुख्य व्यापार प्रबंधक : *विपिन दिवान*
संपादक : *रेखा अग्रवाल*
*उत्पादन सहायक* : *???*

**आवरण**
*श्वेता राव*

© NCERT not to be republished

# प्राक्कथन

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान एवं प्रशिक्षण परिषद् विद्यालयी शिक्षा के सभी पहलुओं के विकास और परिमार्जन के लिए सर्वोच्च संस्था है। हाल ही में इसके द्वारा राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा–2005 पर आधारित उच्चतर माध्यमिक स्तर पर भौतिकी की पाठ्यपुस्तकों को विकसित किया गया है। राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा बच्चों की विद्यालयी शिक्षा के अनुभवों को विद्यालय के बाहर के परिवेश से जोड़ने की वकालत करती है, जिससे बच्चों का ज्ञान प्राप्त करने का अनुभव आनंददायक बनाने के साथ-साथ उनके विद्यालय, घर एवं समुदाय से प्राप्त अनुभवों के बीच के अंतर को कम किया जा सके। इस पाठ्यचर्या में विभिन्न विषयों के मध्य बनी सीमाओं को मिटाने और रटने की प्रवृत्ति को कम करने की बात की गई है। वर्तमान में विकसित पाठ्यक्रम तथा पठन सामग्री इसी मूल भावना को लागू करने की एक कोशिश है। प्रस्तुत प्रयोगशाला पुस्तिका कक्षा 11 की भौतिकी की पाठ्यपुस्तक की पूरक है। यह विद्यार्थियों में प्रायोगिक कौशलों के विकास तथा संकल्पनाओं की समझ बढ़ाने के लिए परिषद् द्वारा लगातार किए जाने वाले प्रयासों में से एक है। पुस्तिका का उद्देश्य विद्यार्थियों और शिक्षकों को प्रयोगशाला में प्रयोग करने के लिए समुचित मार्गदर्शन प्रदान करना है। यह पुस्तिका बच्चों को चिंतन करने तथा अन्य क्रियाकलापों और प्रश्नों के लिए भी प्रोत्साहित करेगी। इस प्रयास की सफलता बच्चों को प्रयोगशाला में प्रयोग करने हेतु प्रोत्साहन देने तथा उनकी सोच और सृजनात्मकता के विकास के लिए प्रधानाचार्यों एवं शिक्षक/शिक्षिकाओं द्वारा की गई पहल पर भी निर्भर करेगी।

प्रयोगों को करने का ढंग और उनके मूल्यांकन के लिए अपनाई गई विधियाँ निर्धारित करेंगी कि यह पुस्तिका बच्चों के लिए विद्यालयी अनुभवों को सुखद बनाने में कितनी प्रभावी होगी। इस प्रयोगशाला पुस्तिका में अवलोकन तथा विस्मय के अवसर प्राप्त कराने, छोटे समूहों में चर्चाएं करने तथा ऐसे क्रियाकलापों, जिनमें हस्त-कौशल की आवश्यकता है, के लिए अवसर प्रदान करने का प्रयास किया गया है। आशा है कि पुस्तिका में दी गई सामग्री प्रयोगशाला कार्यों को प्रभावी रूप से संपन्न करने में विद्यार्थियों की सहायता करेगी और शिक्षकों को विद्यालय स्तर पर कुछ नए प्रयोगों की कल्पना करने के लिए प्रेरित करेगी।

21.5.08

प्रोफ़ेसर यशपाल
*अध्यक्ष*
राष्ट्रीय सलाहकार समिति
राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान एवं प्रशिक्षण परिषद्

नयी दिल्ली
*21 मई, 2008*

© NCERT not to be republished

© NCERT
not to be republished

# आमुख

प्रस्तुत प्रयोगशाला पुस्तिका का विकास विद्यार्थियों में विज्ञान की संकल्पनाओं की समझ तथा विज्ञान के प्रक्रिया कौशलों में सुधार करने के लिए परिषद् द्वारा किए जाने वाले सतत् प्रयासों की एक कड़ी है। यह पुस्तिका राष्ट्रीय पाठ्यचर्चा की रूपरेखा-2005 पर आधारित कक्षा 11 के लिए भौतिकी की पाठ्यपुस्तक की पूरक है। विज्ञान पाठ्यचर्य को अभिपुष्ट करने का एक मूल मापदण्ड राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा-2005 के अनुसार है कि, "यह शिक्षार्थी को उन विधियों तथा प्रक्रियाओं को अधिग्रहण करने में लगाए जो वैज्ञानिक ज्ञान के सृजन तथा वैधीकरण में सहायक हो तथा विज्ञान में शिक्षार्थी की प्राकृतिक जिज्ञासा तथा सर्जनात्मकता का विकास करे"। इस प्रयोगशाला पुस्तिका का व्यापक उद्देश्य विद्यार्थियों को प्रयोगशाला आधारित अभ्यासों को उचित ढंग से करने में सहायता करना है जिससे उनमें अन्वेषण की प्रवृत्ति विकसित हो सके। यह ध्यान देना होगा कि विद्यार्थियों को प्रश्न उठाने तथा विभिन्न स्रोतों से उनके उत्तर खोजने के सभी संभव अवसर प्रदान किए जाएं।

इस पुस्तिका में भौतिकी के प्रायोगिक कार्य को चार भागों के अंतर्गत प्रस्तुत किया गया है : (i) प्रयोग (ii) क्रियाकलाप (iii) परियोजनाएँ तथा (iv) निदर्शन। भौतिकी के प्रायोगिक कार्य की सहायता से विकसित की जाने वाली प्रमुख कुशलताओं का विवरण प्रारम्भ में दिया गया है। इसमें प्रायोगिक कार्य के उद्देश्य, प्रायोगिक त्रुटियाँ, लघुगणक, ग्राफ आलेखन तथा प्रयोगों को रिकॉर्ड करने के लिए निर्देश संबंधित चर्चा की गई है।

एनसीईआरटी के कक्षा 11 के पाठ्यक्रम (सीबीएसई का पाठ्यक्रम भी सम्मिलित) में निर्धारित प्रयोगों एवं क्रियाकलापों की विवेचना इस पुस्तक में विस्तार से की गई है। प्रत्येक प्रयोग को संपन्न करने के लिए निर्देश निम्नलिखित शीर्षकों के अंतर्गत प्रस्तुत किए गए हैं – (i) आवश्यक उपकरण एवं सामग्री, (ii) सिद्धान्त (iii) कार्यविधि, (iv) प्रेक्षण, (v) परिकलन, (vi) परिणाम, (vii) सावधानियाँ एवं (viii) त्रुटियों के स्रोत। कुछ महत्वपूर्ण प्रायोगिक पहलुओं की चर्चा भी की गई है जो परिणामों को बेहतर समझने में सहायक हों। धारणाओं से संबंधित कुछ प्रश्न भी उठाए गए हैं जो शिक्षार्थी को स्व-मूल्यांकन में सहायक हों। 'सुझाए गए अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप' शीर्षक के अंतर्गत प्रयोगों से संबंधित अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप अंत में दिए गए हैं।

परियोजनाओं के लिए कई विचार तथा निर्देश सुझाए गए हैं जिससे सभी तरह के विषय सम्मिलित हो सकें जो उच्चतर माध्यमिक स्तर पर तरुण शिक्षार्थियों को रुचिकर लगे। अध्यापकों के लिए कई निदर्शन प्रयोग सुझाए गए हैं जो उन्हें कक्षा संचालन में सहायता करें। अध्यापक को छात्रों को उपकरण व्यवस्थित करने तथा सरल कामचलाऊ उपकरण बनाने में तथा परिचर्या में भागीदारी के लिए प्रोत्साहित करना चाहिए। अध्यापकों को उन्हें प्रायोगिक डाटा का विश्लेषण कर निष्कर्ष निकालने के लिए अवसर प्रदान करना चाहिए।

पुस्तक में परिशिष्ट दिये गए हैं जिससे सरल कामचलाऊ उपकरणों की सहायता से कुछ नवीन प्रयोग करने के प्रयास किए जा सके। अंत में दत्त अनुभाग में भौतिक नियतांकों की कई उपयोगी सारणियां दी गई हैं। इस पुस्तिका में सुझाए प्रत्येक प्रयोग, क्रियाकलाप, परियोजना तथा निदर्शन उन्हें शामिल करने से पहले विशेषज्ञों एवं अध्यापकों द्वारा परखे गए हैं। हमें आशा है कि भौतिकी की विभिन्न धारणाओं का समर्थन करने वाले इन प्रयोगों को करने के लिए छात्र एवं अध्यापक प्रेरित होंगे और इस प्रकार शिक्षण-अधिगम प्रक्रिया तथा अनुभव समृद्ध होगा।

© NCERT not to be republished

परिषद् ने उच्चतर माध्यमिक कक्षाओं के लिए 1989 में भौतिकी की प्रयोगशाला पुस्तिका छापी थी। उस पुस्तिका के क्रियाकलाप, परियोजना, निदर्शन तथा परिशिष्ट का व्यापक उपयोग इस पुस्तिका के विकास में किया गया है।

हम उन अध्यापकों एवं विशेषज्ञों के आभारी हैं जिन्होंने इस पुस्तिका के पाण्डुलिपि के सुधार के लिए आयोजित कार्यशालाओं में भाग लिया। मैं प्रो. बी. के. शर्मा और टीम के अन्य सभी सदस्यों को उनके बहुमूल्य योगदान तथा पाण्डुलिपि को तैयार करने में किए गए प्रयासों के लिए आभार प्रकट करता हूँ। मैं श्री आर. जोशी का उनके समर्पित प्रयासों के लिए धन्यवाद सहित आभार प्रकट करता हूँ जिन्होंने प्रो. बी. के. शर्मा के जून, 2008 में सेवानिवृत के पश्चात् इस पुस्तिका का समन्वयन किया।

हम अपने पाठकों के विचारों और सुझावों का विनम्र स्वागत करते हैं जिससे इस पुस्तिका में और सुधार किया जा सके।

हुकुम सिंह
*प्रोफ़ेसर एवं अध्यक्ष*
विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग

© NCERT not to be republished

# प्रयोगशाला पुस्तिका निर्माण समिति

**सदस्य**

आर. जोशी, *प्रवक्ता (स.ग्रे.)*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
एस. के. दास, *रीडर*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
गगन गुप्त, *रीडर*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
बी. के. शर्मा, *प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
वी. पी. श्रीवास्तव, *रीडर*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

**सदस्य-समन्वयक**

आर. जोशी, *प्रवक्ता (स.ग्रे.)*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
बी. के. शर्मा, *प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
शशि प्रभा, *वरिष्ठ प्रवक्ता*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

**हिंदी रुपांतर**

आर. एस. दास, अवकाश प्राप्त *उपप्रधानाचार्य*, बलवंत राय मेहता विद्या भवन सीनियर सेकेंडरी स्कूल, नयी दिल्ली
कन्हैया लाल, अवकाश प्राप्त *प्राचार्य*, शिक्षा निदेशालय, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली
जे. पी. अग्रवाल, अवकाश प्राप्त *प्राचार्य*, शिक्षा निदेशालय, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली

© NCERT not to be republished

# आभार

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् उन सभी संस्थाओं तथा व्यक्तियों के प्रति आभार प्रकट करती है जिन्होंने कक्षा 11 की भौतिकी की प्रयोगशाला पुस्तिका के विकास में अमूल्य योगदान दिया। परिषद् निम्नलिखित विद्वानों का भी आभार प्रकट करती है जिन्होंने हिंदी पाण्डुलिपि का पुनरावलोकन किया तथा सुधार में अमूल्य योगदान दिया – प्रो. एच. सी. जैन, अवकाशप्राप्त *प्राचार्य,* क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, अजमेर, डा. शिरीष पठारे, *वैज्ञानिक अधिकारी (डी)*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, मुम्बई, जे. पी. अग्रवाल, अवकाशप्राप्त *प्राचार्य,* शिक्षा निदेशालय, दिल्ली, आर. एस. दास, अवकाशप्राप्त *उपप्रधानाचार्य*, बलवंत राय मेहता विद्या भवन सीनियर सेकेंडरी स्कूल, नयी दिल्ली, डी. सी. पाण्डे, अवकाश प्राप्त *शिक्षा अधिकारी*, शिक्षा निदेशालय, दिल्ली, आर. ए. गोयल, अवकाश प्राप्त *प्राचार्य*, शिक्षा निदेशालय, दिल्ली, तपेश्वर कुमार, *पी.जी.टी.*, द इंडियन स्कूल, सादिक नगर, नयी दिल्ली, पृथ्वीराज तिवारी, *पी. जी. टी.*, सेंट मेरी स्कूल, सफदरजंग एन्कलेव, नयी दिल्ली, नरेश चन्द्र जैन, *पी. जी. टी.*, राजकीय प्रतिभा विकास विद्यालय, श्यामनाथ मार्ग, नयी दिल्ली, भारती कुक्कल, *पी. जी. टी.*, केंद्रीय विद्यालय, पुष्प विहार, नयी दिल्ली, वाई. पी. एस. वर्मा, *पी. जी. टी.*, एयरफोर्स सीनियर सेकेंडरी स्कूल, दिल्ली कैंट, नयी दिल्ली।

परिषद् प्रशासनिक सहयोग के लिए प्रो. हुकुम सिंह, *अध्यक्ष*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग की आभारी है। परिषद्, दीपक कपूर, *प्रभारी, कंप्यूटर स्टेशन*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी. तथा उनके सहयोगी टीम के सदस्य अजीत कुमार डाबोदिया, सादिक सईद, विपिन श्रीवास्तव, अबूज़र नवेद, रोहित वर्मा, जितेन्द्र, अरूण वर्मा; *डी.टी.पी. ऑपरेटर* के सहयोग के लिए आभार प्रकट करती है।

परिषद् सहायक कार्यक्रम समन्वयक कार्यालय, डी.ई.एस.एम., तथा प्रकाशन विभाग के सहयोग हेतु हार्दिक आभार ज्ञापित करती है।

© NCERT not to be republished

# विषय सूची

**प्राक्कथन** *iii*

**आमुख** *v*

**भौतिकी के प्रायोगिक कार्य की प्रमुख कुशलताएँ**

I 1.1 भूमिका 1

I 1.2 प्रायोगिक कार्य के उद्देश्य 2

I 1.3 प्रायोगिक कार्य के विशिष्ट उद्देश्य 5

I 1.4 प्रायोगिक त्रुटियाँ 6

I 1.5 लॉगेरिथ्म (लघुगणक) 11

I 1.6 प्राकृतिक साइन (ज्या) सारणी / कोसाइन (कोज्या) सारणी 15

I 1.7 ग्राफ़ आलेखन 16

I 1.8 प्रयोगों को संपन्न करने के लिए सामान्य निर्देश 20

I 1.9 प्रयोगों को रिकॉर्ड करने के लिए सामान्य निर्देश 21

**प्रयोग**

प्र.1 वर्नियर कैलीपर्स का उपयोग 23
(i) छोटी गोलीय/बेलनाकार वस्तु का व्यास मापने के लिए।
(ii) दी गई ज्ञात द्रव्यमान की नियमित वस्तु की विमाओं को मापने में तथा उसका घनत्व ज्ञात करना।
(iii) दी गई बेलनाकार वस्तु जैसे बीकर/गिलास/कैलोरीमीटर का आंतरिक व्यास एवं गहराई मापने में एवं उसका आयतन परिकलित करना।

प्र.2 स्क्रूगेज़ का उपयोग करके 33
(a) दिए गए तार का व्यास मापना,
(b) दी गई शीट की मोटाई मापना तथा
(c) किसी अनियमित पटल का आयतन मापना।

प्र.3 स्फ़ेरोमीटर द्वारा दिए गए गोलीय पृष्ठ की वक्रता त्रिज्या ज्ञात करना। 42

प्र.4 दंड तुला द्वारा दो विभिन्न वस्तुओं का द्रव्यमान ज्ञात करना। 48

प्र.5 सदिश योग के समांतर चतुर्भुज नियम का उपयोग करके दी गई वस्तु (लकड़ी का गुटका) का भार मापना। 55

प्र.6 सरल लोलक का उपयोग करके $L$-$T$ और $L$-$T^2$ ग्राफ़ आलेखित करना। इस प्रकार उपयुक्त ग्राफ़ द्वारा सेकंडी लोलक की प्रभावी लंबाई ज्ञात करना। 60

प्र.7 चरम घर्षण बल एवं अभिलंब प्रतिक्रिया के बीच संबंध का अध्ययन करना तथा गुटके एवं क्षैतिज पृष्ठ के बीच घर्षण गुणांक ज्ञात करना। 68

© NCERT not to be republished

प्र.8 गुरुत्व बल के कारण आनत समतल के अनुदिश किसी रोलर पर लगने वाले अधोमुखी बल को ज्ञात करना तथा बल एवं $\sin\theta$ के बीच ग्राफ़ आलेखित करके आनति कोण से इसके संबंध का अध्ययन करना। 74

प्र.9 सर्ल–उपकरण द्वारा दिए गए तार के पदार्थ का यंग का गुणांक ज्ञात करना। 78

प्र.10 दोलन विधि द्वारा $T^2 - m$ ग्राफ़ आलेखित करके किसी कुंडलिनी कमानी का बल नियतांक एवं प्रभावी द्रव्यमान ज्ञात करना। 84

प्र.11 नियत ताप पर वायु के किसी नमूने के लिए $P$ एवं $V$ तथा $P$ एवं $1/V$ के बीच ग्राफ़ आलेखित करके, दाब के साथ गैस के आयतन में परिवर्तन का अध्ययन करना। 91

प्र.12 कोशिकीय उन्नयन विधि द्वारा जल का पृष्ठ तनाव ज्ञात करना। 98

प्र.13 द्रव में किसी गोल वस्तु का सीमांत वेग मापकर किसी दिए गए द्रव का श्यानता गुणांक ज्ञात करना। 103

प्र.14 शीतलन वक्र आलेखित करके किसी तप्त पिंड के ताप एवं समय के बीच संबंध का अध्ययन करना। 109

प्र.15 (i) स्वरमापी द्वारा नियत तनाव के अधीन किसी दिए गए तार की लंबाई एवं आवृत्ति के बीच संबंध का अध्ययन करना। 115

(ii) स्वरमापी द्वारा किसी नियत आवृत्ति के लिए दिए गए तार की लंबाई तथा तनाव के बीच संबंध का अध्ययन करना।

प्र.16 अनुनाद नली द्वारा कक्ष ताप पर वायु में ध्वनि का वेग ज्ञात करना। 120

प्र.17 मिश्रण विधि द्वारा दिए गए (i) ठोस तथा (ii) द्रव की विशिष्ट ऊष्मा धारिता निर्धारित करना। 126


## क्रियाकलाप


क्रि.1 दिए गए अल्पतमांक का कागज़ का स्केल बनाना। (a) 0.2 cm, (b) 0.5 cm

क्रि.2 मीटर स्केल का उपयोग करके आघूर्णों के सिद्धांत द्वारा किसी दिए गए पिंड का द्रव्यमान 132
ज्ञात करना। 135

क्रि.3 उचित पैमाना चुन कर दिए गए आँकड़ों के समुच्चय के लिए ग्राफ़ खींचना तथा मापक युक्तियों की परिशुद्धता की सीमा के कारण त्रुटि रेखाएँ दर्शाना। 139

क्रि.4 किसी बेलन (रोलर) को क्षैतिज तल में लुढ़काने के लिए चरम लोटनिक घर्षण बल को मापना। 144

क्रि.5 प्रक्षेपण कोण में परिवर्तन के कारण जल के जेट (धारा) के परास में होने वाले परिवर्तन का अध्ययन करना। 147

क्रि.6 किसी आनत समतल (द्विआनत समतल का उपयोग करके) पर लुढ़कने वाली गेंद की ऊर्जा संरक्षण का अध्ययन करना। 150


© NCERT not to be republished

| | | |
|---|---|---|
| क्रि.7 | समय के साथ सरल लोलक के ऊर्जा क्षय का अध्ययन करना। | 154 |
| क्रि.8 | अवस्था परिवर्तन को प्रेक्षित करना तथा पिघले हुए मोम के लिए शीतलन वक्र आलेखित करना। | 158 |
| क्रि.9 | द्विधातु पत्ती को गरम करने के प्रभाव को प्रेक्षित करना तथा उसके प्रभाव की व्याख्या करना। | 161 |
| क्रि.10 | गरम करने पर किसी बर्तन में रखे हुए द्रव के तल में परिवर्तन नोट करना तथा प्रेक्षणों की व्याख्या करना। | 164 |
| क्रि.11 | केशिकीय उन्नयन का प्रेक्षण करके जल के पृष्ठ तनाव पर अपमार्जक के प्रभाव का अध्ययन करना। | 166 |
| क्रि.12 | किसी द्रव की ऊष्मा हानि दर को प्रभावित करने वाले कारकों का अध्ययन करना। | 169 |
| क्रि.13 | किसी एक सिरे पर कसकर क्लैंप किए गए मीटर स्केल पर भार (लोड) के कारण अवनमन के प्रभाव का अध्ययन करना जबकि स्केल को (i) सिरे पर भारित किया गया है, (ii) मध्य में भारित किया गया है। | 173 |


## परियोजनाएँ


| | | |
|---|---|---|
| प.1 | यह जाँच करना कि क्या किसी सरल लोलक की ऊर्जा संरक्षित रहती है। | 179 |
| प.2 | मीटर पैमाने को दंड लोलक की भाँति उपयोग करके इसके द्रव्यमान केंद्र के परित: घूर्णन त्रिज्या ज्ञात करना। | 187 |
| प.3 | एक नियत बल के अधीन किसी पिंड के वेग में होने वाले परिवर्तनों का अध्ययन करना तथा उसका त्वरण ज्ञात करना। | 192 |
| प.4 | ऊष्मारोधी के रूप में विभिन्न पदार्थों की प्रभावशीलता की तुलना करना। | 196 |
| प.5 | विभिन्न पदार्थों की ध्वनि अवशोषक के रूप में प्रभावशीलता का अध्ययन करना। | 199 |
| प.6 | रबर के विभिन्न नमूनों के यंग प्रत्यास्थता गुणांकों की तुलना करना और उनके लिए प्रत्यास्थ शैथिल्य वक्र खींचकर उनकी तुलना करना। | 203 |
| प.7 | दो गेंदों के द्विविमीय संघट्ट का अध्ययन करना। | 206 |
| प.8 | फ़ोर्टिन बेरोमीटर (दाबमापी) का अध्ययन करना और वायुमंडलीय दाब मापन के लिए इसका उपयोग करना। | 210 |
| प.9 | भार-लंबाई वृद्धि ग्राफ़ के आधार पर किसी कुंडलिनी कमानी के कमानी नियतांक का अध्ययन करना। | 214 |
| प.10 | विकिरणों के उत्सर्जन एवं अवशोषण पर पृष्ठ की प्रकृति के प्रभाव का अध्ययन करना। | 219 |
| प.11 | किसी सेकेंड लोलक का उपयोग करके ऊर्जा संरक्षण का अध्ययन करना। | 223 |


© NCERT not to be republished

## निदर्शन


| | | |
|---|---|---|
| नि.1 | किसी सीधी रेखा में एक अनुदिश एकसमान गति का निदर्शन करना | 226 |
| नि.2 | किसी आनत पथ पर किसी गेंद की गति की प्रकृति को निदर्शित करना | 230 |
| नि.3 | यह दर्शाना कि किसी वृत के अनुदिश किसी पिंड को एकसमान चाल से गति कराने के लिए अभिकेंद्र बल का लगना आवश्यक है तथा इस बल का परिमाण कोणीय वेग के साथ बढ़ता जाता है | 231 |
| नि.4 | अपकेंद्रित्र के सिद्धांत का निदर्शन करना | 233 |
| नि.5 | गतिज तथा स्थितिज ऊर्जा के अंतरा-रूपांतरण को निदर्शित करना | 234 |
| नि.6 | संवेग संरक्षण को निदर्शित करना | 235 |
| नि.7 | किसी प्रक्षेप्य के परास पर प्रमोचन कोण के प्रभाव को निदर्शित करना | 236 |
| नि.8 | निदर्शित करना कि किसी छड़ का जड़त्व आघूर्ण उस छड़ से जुड़े समान द्रव्यमान के युगल की स्थिति परिवर्तन के साथ परिवर्तित होता है | 237 |
| नि.9 | काँच की दो शीटों के बीच वेजरूपी (फन्नी के आकार का) रिक्ति में कोशिकीय उन्नयन की आकृति को निदर्शित करना | 239 |
| नि.10 | भाप से आंशिक निर्वात उत्पन्न करके वायुमंडलीय दाब के प्रभाव को निदर्शित करना | 240 |
| नि.11 | डॉक्टर की सिरिंज की सहायता से नियत ताप पर दाब के साथ किसी गैस के आयतन में परिवर्तन का अध्ययन करना | 242 |
| नि.12 | सरल उदाहरणों द्वारा बर्नूली के सिद्धांत को निदर्शित करना | 244 |
| नि.13 | गर्म करने पर धातु के तार के प्रसार को निदर्शित करना | 247 |
| नि.14 | यह निदर्शित करना कि ऐलुमिनियम, लोहे, ताँबे तथा सीसे (लेड) के समान द्रव्यमान के पिंडों की ऊष्मा धारिताएं भिन्न-भिन्न होती हैं | 248 |
| नि.15 | विभिन्न कंपमान निकायों के मुक्त दोलनों को निदर्शित करना | 250 |
| नि.16 | युग्मित लोलकों के सेट से अनुनाद को निदर्शित करना | 254 |
| नि.17 | माध्यम के प्रतिरोध के कारण लोलक के अवमंदन को निदर्शित करना | 255 |
| नि.18 | अनुदैर्ध्य तथा अनुप्रस्थ तरंगों को निदर्शित करना | 256 |
| नि.19 | दो माध्यमों की परिसीमा पर तरंगों के परावर्तन तथा संचरण को निदर्शित करना | 258 |
| नि.20 | आवृत्तियों में थोड़े-से अंतर वाले दो स्वरित्र द्विभुजों द्वारा उत्पन्न तरंगों के अध्यारोपण के कारण होने वाली विस्पंदों की परिघटना को निदर्शित करना | 260 |
| नि.21 | एक स्प्रिंग (कमानी) की सहायता से अप्रगामी तरंगों को निदर्शित करना | 261 |

**परिशिष्ट (A-1 to A-16)** 263

**ग्रंथ सूची** 271

**दत्त अनुभाग** 273


© NCERT not to be republished

# I- भौतिकी के प्रायोगिक कार्य की प्रमुख कुशलताएँ

## I 1.1 भूमिका

उच्चतर माध्यमिक चरण विद्यालयी शिक्षा का एक अत्यंत निर्णायक एवं चुनौतीपूर्ण चरण है, क्योंकि इस चरण में व्यापक अभिन्न पाठ्यचर्या विषय आधारित, अंतर्विषय विस्तार पाठ्यक्रमों में परिवर्तित हो जाती है। इस चरण में छात्र विषय के रूप में भौतिकी का चयन इस उद्देश्य से करते है कि वे अपने भविष्य की जीवनवृत्ति को मौलिक विज्ञानों अथवा विज्ञान आधारित इंजीनियरी, चिकित्साशास्त्र, सूचना प्रौद्योगिकी आदि जैसे व्यावसायिक पाठ्यक्रमों में आगे बढ़ा सकें।

भौतिकी का संबंध चेतन एवं अचेतन विश्व से संबद्ध द्रव्य एवं ऊर्जा के अध्ययन से है। यद्यपि विज्ञान की सभी शाखाओं में प्रयोगों की आवश्यकता होती है, परंतु भौतिकी में प्रयोगशाला में किए जाने वाले नियंत्रित प्रयोगों की प्रमुख आवश्यकता होती है। भौतिकी में प्रयोगशाला में किए जाने वाले प्रयोगों का मूल उद्देश्य सामान्यत: भौतिकी परिघटनाओं से संबंधित धारणाओं, नियमों एवं परिकल्पनाओं का सत्यापन और प्रामाणिकता का परीक्षण करना है। प्रयोगों को केवल करने से ही शिक्षार्थियों को स्वतंत्र विचारक बनने या स्वयं ही अंवेषण करने में कोई सहायता प्राप्त नहीं होती है। इसे ध्यान में रखते हुए प्रयोगशाला कार्य अत्यंत आवश्यक है और इसे विभिन्न तरीकों से प्रोत्साहित किया जाना चाहिए। इसके अंतर्गत प्रयोगों को केवल संपन्न करना ही शामिल नहीं है, बल्कि प्रयोगों को निष्पादित करने से जुड़े विभिन्न पहलुओं का अंवेषण करना भी है। अनेक क्रियाकलापों के साथ-ही-साथ परियोजना कार्य करने से अत: यह सुनिश्चित होगा कि शिक्षार्थी प्रयोगशाला में किए गए अंवेषण से प्राप्त प्रत्यक्ष अनुभवों के आधार पर अपने विचारों की रचना एवं पुन: रचना करने में कुशल हो जाएं। इसके अतिरिक्त, शिक्षार्थी प्रायोगिक कार्य को सिद्वांत से भी जोड़ने में भी समर्थ होंगे जिसका अपने परिवेश के द्वारा उच्चतर माध्यमिक स्तर पर अध्ययन कर रहे हैं।

विज्ञान के इतिहास से यह तथ्य प्रकट होता है कि बहुत से महत्त्वपूर्ण आविष्कार प्रयोगों को करते समय ही हुए। भौतिकी के विकास में जितना महत्त्व किसी परिघटना को सैद्धांतिक रूप से समझने का है उतना ही उससे संबंधित प्रायोगिक कार्यों का भी है। प्रयोगशाला में अपने हाथों से प्रयोग करना महत्त्वपूर्ण है क्योंकि इससे ज्ञान के जनन में अपने प्रत्यक्ष योगदान होने की भावना उत्पन्न होती है। व्यक्तिगत रूप से प्रयोगशाला में प्रयोग करने तथा प्राप्त आँकड़ों

© NCERT not to be republished

का विश्लेषण करने से वैज्ञानिक मनःस्थिति दृढ़ करने, तार्किक सोच, विवेकपूर्ण दृष्टिकोण, आत्मविश्वास की अनुभूति, नेतृत्व प्रदान करने की क्षमता, वस्तुपरकता, सहयोगात्मक दृष्टिकोण, धैर्य रखने, आत्मविश्वास, दृढ़ प्रतिज्ञा आदि विकसित करने में सहायता मिलती है। प्रयोगों को करने से हस्तकौशल, प्रेक्षण तथा रिपोर्ट प्रस्तुत करने की कुशलताओं का विकास भी होता है।

"राष्ट्रीय परिचर्या की रूपरेखा" (एनसीईआरटी, 2005) तथा माध्यमिक एवं उच्चतर माध्यमिक स्तर के पाठ्यक्रमों (एनसीईआरटी, 2006) में इसीलिए प्रयोग तथा प्रयोगशाला में किए जाने वाले कार्यक्रलापों को शिक्षण अवबोधन प्रक्रिया का एक अनिवार्य अंग माने जाने पर पर्याप्त बल दिया गया है।

एनसीईआरटी ने इससे पहले ही नए पाठ्यक्रमों पर आधारित कक्षा 11 व 12 की भौतिकी की पाठ्यपुस्तकें प्रकाशित कर दी हैं। इस प्रयोगशाला-पुस्तिका का विकास भौतिकी-पाठ्यक्रम की विषय-वस्तु एवं प्रयोगशाला कार्यों में समन्वयन स्थापित करने तथा प्रत्यात्मक अवबोधन के संपूरण के लिए किया गया है। भौतिकी में प्रयोगशाला पुस्तिका का मूल उद्देश्य छात्रों को "प्रक्रिया अभिविन्यासित निष्पादन" अवबोधन (जो उत्पाद अथवा परिणाम निष्पादन के विपरीत है) में सम्मिलित करके प्रायोगिक कार्यों के लिए प्रेरित करना तथा विद्यालयों में अवनमित प्रयोगात्मक कार्यों को जीवन प्रदान करना है। विद्यालयों में संपन्न होने वाले प्रयोगात्मक कार्यों की इस सोचपूर्ण स्थिति को दृष्टि में रखते हुए, यह आशा की जाती है कि यह प्रयोगशाला-पुस्तिका काफी सहायक एवं मूल्यवान सिद्ध होगी।

## I 1.2 प्रायोगिक कार्य के उद्देश्य

भौतिकी के अंतर्गत प्राकृतिक परिघटनाओं के अवबोधन एवं इस अवबोधन का अनुप्रयोग प्रौद्योगिकी के विकास और समाज की उन्नति के लिए परिघटनाओं के उपयोग पर विचार किया जाता है। भौतिकी के प्रायोगिक कार्य में **'करके सीखना'** सम्मिलित होता है। यह धारणाओं का स्पष्टीकरण करता है।

किसी प्रयोग अथवा कार्यकलाप को करते समय सावधानीपूर्वक क्रमवार चरणों में लिए गए प्रेक्षण व्यक्तिगत अंवेषण के साथ-साथ छोटे समूह अथवा सामूहिक अधिगम को सुगम बनाते हैं।

प्रायोगिक भौतिकी के पाठ्यक्रम को छात्रों को मूलभूत सिद्धांतों एवं नियमों पर आधारित प्रयोगों को कर सकने तथा विभिन्न प्रकार के मापक यंत्रों के उपयोग का अनुभव प्राप्त करने के योग्य बनाना चाहिए। प्रायोगिक कार्यों को करने से सीखने के मूल कौशलों में वृद्धि होती है। भौतिकी के प्रायोगिक कार्यों द्वारा विकसित होने वाले मुख्य कौशलों की चर्चा नीचे की गई है।

© NCERT not to be republished

## I 1.2.1 परिचालन-कौशल

छात्र प्रायोगिक कार्य में **परिचालन-कौशलों** को विकसित करता है यदि वह कुशल है

(i) प्रयोग के उद्देश्य तथा सिद्धांत को *समझने* में।

(ii) प्रयोग को करने की कार्यविधि पर *विचार करने* में।

(iii) सभी उपकरणों को उचित क्रम में *व्यवस्थित करने* में।

(iv) कार्यविधि एवं प्रकार्य को ध्यान में रखते हुए उपस्करों, उपकरणों, औजारों की उपयुक्तता *परीक्षण कर सकने* में।

(v) मापक उपकरण की सीमा जानने में तथा इसके अल्पतमांक एवं त्रुटि आदि *ज्ञात करने* में।

(vi) उपकरण का सतर्कता एवं सावधानीपूर्वक *परिचालन करने* में जिससे उपकरण के क्षतिग्रस्त होने तथा व्यक्तिगत हानि से भी बचाव हो।

(vii) प्रयोग को योजनाबद्ध ढंग से *संपन्न करने* में।

(viii) परिशुद्ध *प्रेक्षण ले सकने* में।

(ix) उचित मात्रकों (SI) को ध्यान में रखते हुए सूत्र में आँकड़ों का उचित *प्रतिस्थान करने* में।

(x) परिणाम का परिशुद्ध *परिकलन करने* तथा उसे उचित सार्थक अंकों, एवं उपकरण के मापन की परिशुद्धता की कोटि की तर्क-संगतता को दृष्टिगत रखकर व्यक्त करने में।

(xi) परिणामों की व्याख्या, सिद्धांतों का सत्यापन एवं *निष्कर्ष निकालने* में।

(xii) *उचित उपस्करों, उपकरणों, औजारों, सामग्रियों आदि के चयन द्वारा* आगे के अंवेषणों के लिए सरल *कामचलाऊ उपकरणों को बनाने में।*

## I 1.2.2 प्रेक्षण कौशल

छात्र प्रायोगिक कार्य में **प्रेक्षण कौशलों** को विकसित करता है यदि वह कुशल है

(i) उपकरणों के विषय में *अध्ययन करने* में तथा अल्पतमांक को ध्यान में रखते हुए *भौतिकी राशियों* की *माप लेने* में।

(ii) प्रेक्षणों को लेते समय सही क्रम का *अनुसरण करने* में।

(iii) योजनाबद्ध ढंग से सावधानीपूर्वक *प्रेक्षण लेने* में।

(iv) प्रभावित करने वाले कारकों को ध्यान में रखते हुए स्वतंत्रतापूर्वक कई बार प्रत्येक प्रेक्षण दोहरा कर मापन की *त्रुटि को न्यूनतम करने* में।

© NCERT not to be republished

## I 1.2.3 आरेखण कौशल

छात्र प्रेक्षित आँकड़ों को रिकॉर्ड करने के लिए **आरेखण कौशलों** को विकसित करता है। यदि वह कुशल है

(i) उपकरण का *व्यवस्थात्मक आरेख बनाने* में।

(ii) सही प्रकाश किरण आरेखों, परिपथ आरेखों को *आरेखित करने* में।

(iii) उचित रेखाओं एवं तीरों द्वारा बल, तनाव, विद्युतधारा, प्रकाश किरण आदि की *दिशाओं को दर्शाने* में।

(iv) उचित पैमानों का चयन कर तथा उचित पैमाने का उपयोग करके स्वच्छतापूर्वक सही *ग्राफ़ों को आलेखित करने में*।

## I 1.2.4 प्रतिवेदन कौशल

छात्र प्रायोगिक कार्य में प्रेक्षित आँकड़ों को प्रस्तुत करने के **प्रतिवेदन कौशलों** को विकसित करता है। यदि छात्र कुशल है

(i) प्रयोग के उद्देश्य, उपकरण, उपयोग होने वाले सूत्र, सिद्धांत, प्रेक्षण तालिका, परिकलन तथा परिणाम के उचित *प्रस्तुतिकरण* में।

(ii) अवयवों के लिए उचित संकेत का उपयोग कर प्रस्तुतिकरण का रेखांकित चित्र से *पुष्टि करने* (बल प्रदान करना) में।

(iii) प्रेक्षणों *को क्रमिक रूप में* रिकॉर्ड करने और व्यवस्थात्मक ढंग से उचित मात्रकों के साथ तालिका के रूप में प्रस्तुत करने में जहाँ वांछनीय हो।

(iv) किरण प्रकाशिकी के प्रयोगों के *प्रेक्षणों* को रिकॉर्ड करने में *चिह्न परिपाटी का उचित पालन करने* में।

(v) किसी दिए गए प्रयोग के *परिकलनों / परिणामों को उचित सार्थक अंकों, उचित प्रतीकों, मात्रकों तथा यथार्थता की कोटि सहित प्रस्तुत करने* में।

(vi) परिणाम में *त्रुटि का परिकलन करने* में।

(vii) *उपकरण की सीमाओं* (यदि कोई है, तो) *की रिपोर्ट प्रस्तुत करने* में।

(viii) किसी परिकल्पना को मान्यता देने अथवा अस्वीकृत करने के लिए *परिणामों के सारांश बनाने* में।

(ix) प्राप्त आँकड़ों, प्रेक्षणों अथवा *ग्राफ़ों की व्याख्या करके निष्कर्ष निकालने* में, तथा

(x) *संपन्न* किए गए *कार्य में आगे और अंवेषण की गुंजाइश की खोज करने* में।

इनके अतिरिक्त, सबसे मूल्यवान कौशल वही है जो सृजनात्मक व अंवेषणात्मक क्षेत्र से संबंधित हो।

© NCERT not to be republished

## I 1.3 प्रायोगिक कार्य के विशिष्ट उद्देश्य

प्रायोगिक कार्य के विशिष्ट उद्देश्यों को प्रक्रिया विन्यासित निष्पादन कौशल एवं उत्पाद विन्यासित निष्पादन कौशल में वर्गीकृत किया जा सकता है।

### I 1.3.1 प्रक्रिया विन्यासित निष्पादन कौशल

छात्र प्रायोगिक कार्य में प्रक्रिया विन्यासित निष्पादन कौशलों को विकसित करता है यदि वह कुशल है

(i) उचित औज़ारों, उपस्करों, सामग्री, उपकरणों, रसायन आदि का चयन करने एवं उन्हें उचित प्रकार से *संचालित करने* में।

(iI) प्रयोग आरंभ करने से पहले *उपकरण के अवयवों की जाँच करने* में।

(iii) *उपकरण के विभिन्न अवयवों की त्रुटियों तथा उनकी सीमाओं का संसूचन* एवं *संशोधन करने* में।

(iv) प्रयोग में उपयोग होने वाले *सिद्धांत/सूत्र का उल्लेख करने* में।

(v) प्रेक्षण लेने के लिए *व्यवस्थात्मक योजना बनाने* में।

(vi) जहाँ आवश्यक हो दिए गए उपकरण के स्वच्छ एवं नामांकित आरेख/किरण *आरेख/परिपथ आरेख खींचने* में।

(vii) प्रयोग को करने के लिए *उपकरण को व्यवस्थित करने* में।

(viii) उपकरणों, रसायनों तथा सामग्रियों के *सावधानीपूर्वक संचालन* में।

(ix) *प्रेक्षणों को प्रभावित करने वाले कारकों की पहचान करने* तथा उनके प्रभाव को न्यूनतम करने के लिए *उचित उपाय करने में।*

(x) अनुबद्ध समय में यथोचित गति, परिशुद्धता एवं यथार्थता के साथ *प्रयोग संपन्न करने* में।

(xi) उचित पैमाने का चयन कर तथा उपयुक्त पैमाने का उपयोग कर संचयित *आँकड़ों को ग्राफ़ीय तरीके से स्वच्छता से निरूपित करने* में।

(xii) प्रासंगिक आँकड़ों, प्रेक्षणों, परिकलन अथवा ग्राफ़ की *व्याख्या* कर *निष्कर्ष निकालने* में।

© NCERT not to be republished

(xiii) प्रयोग को संपन्न करने की कार्यविधि, सावधानियाँ तथा सम्मिलित सिद्धांत का *प्रतिवेदन करने में।*

(xiv) जहाँ आवश्यक हो उपकरण के *पुरजों को अलग करने और जोड़ने* में।

(xv) प्रयोगशाला में कार्य करने के *मानक दिशा-निर्देशों का पालन करने* में।

## I 1.3.2 उत्पाद विन्यासित निष्पादन कौशल

छात्र प्रायोगिक कार्य में उत्पाद विन्यासित निष्पादन कौशलों को विकसित करता है यदि वह कुशल है

(i) प्रयोग में उपयोग होने वाले उपकरण के विभिन्न अवयवों एवं सामग्रियों की *पहचान करने* में।

(ii) प्रयोग की योजना के अनुसार उपकरण के विभिन्न अवयवों को *व्यवस्थित करने* में।

(iii) ग्राफ़ीय एवं आँकिक विश्लेषणों को सुगम बनाने के लिए प्रेक्षणों एवं आँकड़ों को *व्यवस्थात्मक ढंग से रिकॉर्ड* करने में।

(iv) ग्राफ़ों एवं परिकलनों आदि का उपयोग करके प्रेक्षणों को *व्यवस्थात्मक ढंग से प्रस्तुत करने* में तथा रिकॉर्ड किए गए प्रेक्षणों के आधार पर *निष्कर्ष निकालने* में।

(v) परिणामों को अंतिम रूप देने के लिए रिकॉर्ड किए गए प्रेक्षणों के *विश्लेषण एवं व्याख्या करने* में।

(vi) प्रायोगिक परिणाम के आधार पर किसी परिकल्पना को *मान्यता देने* अथवा *अस्वीकृत करने* में।

## I 1.4 प्रायोगिक त्रुटियाँ

प्रत्येक प्रयोग का अंतिम उद्देश्य परोक्ष अथवा प्रत्यक्ष रूप से किसी भौतिक राशि के मान का माप करना होता है। मापने की प्रक्रिया में ही मापे गए मान में कुछ अनिश्चितताएँ आ जाती हैं। **कोई भी मापन त्रुटि रहित नहीं होता।** इस प्रकार कुछ प्रयोगों से मापन द्वारा प्राप्त किसी भौतिक राशि का मान उसके मानक अथवा वास्तविक सही मान से भिन्न हो सकता है। मान लीजिए किसी भौतिकी राशि का प्रायोगिक प्रेक्षित मान '$a$' है जबकि उसका वास्तविक मान '$a_0$' है। तब अंतर $(a - a_0) = e$ को मापन की त्रुटि कहते हैं। चूँकि अधिकांश प्रकरणों में वास्तविक मान $a_0$ ज्ञात नहीं होता, अत: अचर पदों में त्रुटि $e$ को निर्धारित कर पाना संभव नहीं है। तथापि, $e$ के संभावित परिणाम का आकलन करना संभव है। त्रुटि के आकलित मान को **प्रायोगिक त्रुटि** कहते हैं। यह त्रुटि मापक यंत्रों के अल्पमांक के कारण अथवा अल्पमांक के साथ-ही-साथ चर राशि वाले किसी गणितीय संबंध के कारण हो सकती है। किसी प्रयोग

© NCERT not to be republished

की गुणवत्ता का निर्धारण उसके परिणाम की प्रायोगिक अनिश्चितता द्वारा किया जाता है। अनिश्चितता का परिणाम जितना कम होता है उतना ही प्रायोगिक मापित मान वास्तविक मान के अधिक निकट होता है। **परिशुद्धता वास्तविक मान एवं मापित मान की निकटता की माप होती है।** इसके विपरीत, यदि किसी भौतिकी राशि को प्रयोग करते समय बार-बार मापा जाता है, तो इस प्रकार प्राप्त मान एक दूसरे से भिन्न हो सकते हैं। प्रायोगिक आंकड़ों का यह छितराव अथवा फैलाव प्रयोग/उपकरण की परिशुद्धता की माप होती है। प्रायोगिक मान में कम फैलाव का अर्थ अधिक परिशुद्ध प्रयोग से है। **इस प्रकार परिशुद्धता एवं यथार्थता दो भिन्न धारणाएँ हैं। यथार्थता वास्तविक मान के निकटता की माप है जबकि परिशुद्धता प्रायोगिक आंकड़ों में फैलाव की माप होती है।** यह काफी संभव है कि उच्च परिशुद्धता से प्राप्त प्रायोगिक आंकड़ा काफी अयथार्थ हो (यदि माप में बहुत-सी व्यवस्थात्मक त्रुटियाँ हैं)। अधिकतम फैलाव का रूक्ष अनुमान मापक यंत्र की अल्पतमांक से संबंधित होता है।

प्रायोगिक त्रुटियों को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है: (a) क्रमबद्ध त्रुटि, (b) यादृच्छिक त्रुटि। क्रमबद्ध त्रुटि (1) दोषयुक्त यंत्र (जैसे वर्नियर कैलीपर्स में शून्यांक त्रुटि) (2) प्रयोग को करने की अशुद्ध विधि तथा (3) प्रयोगकर्ता की आदतों आदि के कारण उत्पन्न हो सकती हैं। **क्रमबद्ध त्रुटियाँ** वे त्रुटियाँ हैं जिनके लिए संशोधनों का अनुप्रयोग किया जा सकता है और सैद्धांतिक दृष्टि से उन्हें दूर किया जा सकता है। कुछ सामान्य क्रमबद्ध त्रुटियाँ हैं (i) माइक्रोमीटर स्क्रू और वर्नियर कैलिपर के पाठ्यांक में शून्य त्रुटि (ii) पिच्छट त्रुटि। जब माइक्रोमीटर के पैमाने पर स्क्रू को पहले एक दिशा में और फिर विपरीत दिशा में घुमाकर पाठ्यांक लिया जाता है, तो यह पाठ्यांक स्क्रू द्वारा तय की गई वास्तविक दूरी से कम होगी। इस त्रुटि का परिहार करने के लिए स्क्रू को समान दिशा में घुमाते हुए ही सभी पाठ्यांक लेने चाहिए। (iii) 'बेंच त्रुटि' अथवा 'सूचकांक त्रुटि'। जब प्रकाशीय बेंच के पैमाने पर मापी गई दूरियाँ प्रकाशीय युक्तियों के बीच की वास्तविक दूरियों के संगत नहीं होती हैं तो सही मानों को प्राप्त करने के लिए उन दूरियों के बीच के अंतर को जोड़ना अथवा घटाना आवश्यक है। (iv) यदि संबंध रेखीय है तथा क्रमबद्ध त्रुटि नियत है तो सरल रेखा ग्राफ़ प्रवणता में बिना किसी परिवर्तन के अपनी जगह से खिसक जाएगा, किंतु रेखा के अंत:खंड में क्रमबद्ध त्रुटि सम्मिलित हो जायेगी।

यह ज्ञात करने के लिए कि किसी प्रयोग के परिणाम में क्रमबद्ध त्रुटियाँ हैं अथवा नहीं, एक ही भौतिकी राशि की माप विभिन्न विधियों द्वारा प्राप्त की जानी चाहिए। यदि दो विभिन्न विधियों से प्राप्त एक भौतिक राशि के मान एक दूसरे से काफी भिन्न हैं तो क्रमबद्ध त्रुटि की संभावना हो सकती है। क्रमबद्ध त्रुटि के लिए संशोधन अनुप्रयोग करने पर प्राप्त प्रायोगिक मान में अब भी त्रुटि होती है। ऐसी सभी अवशिष्ट त्रुटियों, जिनके उद्भव का पता नहीं लगाया जा सकता, को **यादृच्छिक त्रुटि** कहते हैं। यादृच्छिक त्रुटियों को टाला नहीं जा सकता तथा यादृच्छिक त्रुटियों के सटीक मान ज्ञात करने का कोई तरीका नहीं है। तथापि इनके मान के परिणाम में एक ही भौतिक राशि को एक ही विधि द्वारा बार-बार मापने तथा फिर इस मापित मानों का औसत मान ज्ञात करके, कमी लायी जा सकती है। (विस्तार से जानने के लिए, कक्षा 11 की भौतिकी की पाठ्यपुस्तक देखिए–भाग-I, अध्याय 2 (एन.सी.ई.आर.टी., 2006)। प्रयोगशाला में प्रयोग करते समय हम विभिन्न अल्पतमांकों के विभिन्न मापक यंत्रों द्वारा विभिन्न



© NCERT not to be republished

राशियों को मापते हैं। यह मानना तर्कसंगत है कि किसी मापित माप में अधिकतम त्रुटि जिस मापक यंत्र से माप की गई है उसके अल्पतमांक से अधिक नहीं हो सकती। इस प्रकार उन प्रकरणों में जहाँ किसी सरल राशि को सीधे ही किसी यंत्र से मापा गया हो, तो मापित माप में, व्यापक रूप से मापक यंत्र के अल्पतमांक को अधिकतम त्रुटि मान लेते हैं। यदि किसी राशि जिसका वास्तविक मान $A_0$ है की माप $a$ अल्पतमांक वाले यंत्र से मापने पर A है, तो

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

$$= A_0 (1 \pm a / A_0)$$

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

यहाँ $f_a$ को A की अधिकतम भिन्नात्मक त्रुटि कहते हैं। इसी प्रकार अन्य मापित राशि $B$ के लिए

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

अब मान लीजिए A तथा B के मापित मानों से सूत्र Z = A.B का उपयोग कर कोई राशि, जैसे Z, परिकलित की जाती है।

हम यह चाहते हैं कि Z के परिकलित मान में अपेक्षित कुल अनिश्चितता (अथवा संभावित अधिकतम त्रुटि) परिकलित करें, तो हम लिख सकते हैं कि

$$Z = A.B$$

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

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

$\simeq A_0 B_0 \left[1 \pm (f_a + f_b)\right]$ (यदि $f_a$ तथा $f_b$ बहुत अल्प राशि है तो इनके गुणनफल $f_a f_b$ की उपेक्षा की जा सकती है)।

अथवा $Z \simeq Z_0 (1 \pm f_z)$

यहाँ Z के मान में भिन्नात्मक त्रुटि $f_z$ का अधिकतम मान $|f_a + f_b|$ हो सकता है।

इसके विपरीत, यदि राशि Y जिसे हमें परिकलित करना है, वह इस प्रकार है

$$Y = A / B$$

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

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

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

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

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



© NCERT not to be republished

अथवा $Y = Y_0 (1 \pm f_y)$, जहाँ $f_y = f_a + f_b$ है। यहाँ Y के परिकलित मान में अधिकतम भिन्नात्मक अनिश्चितता $f_y$ फिर भी $(f_a + f_b)$ ही है। ध्यान दीजिए, अधिकतमत भिन्नात्मक अनिश्चितता सदैव योगात्मक होती है।

कोई व्यापक प्रकरण लेते हैं, जहाँ किसी राशि P को कई मापित राशियों $x, y, z$ आदि से सूत्र $P = x^a y^b z^c$ के उपयोग द्वारा परिकलित किया गया है। यह दर्शाया जा सकता है कि P के परिकलित मान में अधिकतम भिन्नात्मक त्रुटि इस प्रकार निरूपित की जाती है:

$$f_p = |a| f_x + |b| f_y + |c| f_z$$

यह प्रेक्षित किया जा सकता है कि राशि P में समग्र भिन्नात्मक त्रुटि $f_p$ का मान प्रत्येक मापित राशि की भिन्नात्मक त्रुटियों $f_x, f_y; f_z$ आदि के साथ-साथ सूत्र में प्रकट होने वाली इनकी घातों $a, b, c$, आदि पर भी निर्भर करती है। इस दृष्टि से, वह राशि जिसकी सूत्र में अधिकतम घात हो उसकी माप निम्नतम संभावित भिन्नात्मक त्रुटि से की जानी चाहिए, ताकि $|a| f_x + |b| f_y + |c| f_z$ का समग्र भिन्नात्मक त्रुटि $f_p$ को योगदान परिणाम की समान कोटि का हो।

आइए, अब हम किसी ऐसी राशि, में अपेक्षित अनिश्चितता (अथवा प्रायोगिक त्रुटि) परिकलित करें जिसे निर्धारित करने के लिए सूत्र में कई मापित भौतिक प्राचल सम्मिलित हैं।

यंग गुणाक Y एक ऐसी भौतिक राशि है जिसे निम्नलिखित सूत्र द्वारा परिकलित किया जाता है:

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

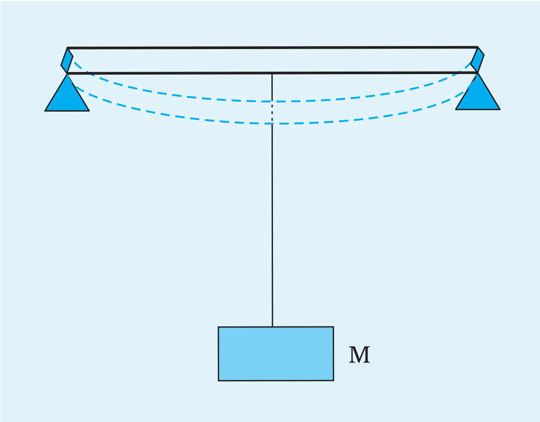
यहाँ $M$ द्रव्यमान है, $g$ गुरुत्वीय त्वरण, $L$ आयताकार अनुप्रस्थ-काट वाली धात्विक छड़ की लंबाई जिसकी $b$ चौड़ाई तथा $d$ मोटाई है तथा दो सिरों पर टिकी छड़ के मध्य बिंदु पर द्रव्यमान $M$ निलंबित करने पर छड़ में क्षैतिज से अवनमन $\delta$ है। (चित्र I1.1)

अब वास्तविक प्रयोग में $M$ को 1 kg लिया जा सकता है। साधारणतया द्रव्यमान में अनिश्चितता 1g से अधिक नहीं होती। इसका अर्थ यह है कि द्रव्यमान की माप करने वाली साधारण तुलाओं का अल्पतमांक 1g होता है। इस प्रकार भिन्नात्मक त्रुटि $f_m$ = 1g/1kg अथवा $f_m = 1 \times 10^{-3}$ है।

अब हम यह मानते है कि गुरुत्वीय त्वरण g का मान 9.8 m $s^{-2}$ है तथा इसमें कोई सार्थक त्रुटि नहीं है। अतः $g$ में कोई भिन्नात्मक त्रुटि नहीं होगी, अर्थात् $f_g = 0$ होगा। साथ ही मान लीजिए, छड़ की लंबाई $L$ = 1m है तथा इसे सामान्य पैमाने से जिसकी अल्पतमांक 1mm = 0.001m है से मापा जाता है। अतः लंबाई $L$ में भिन्नात्मक त्रुटि $f_L$

$$f_L = 0.001\text{m}/1\text{m} = 1 \times 10^{-3}$$

© NCERT not to be republished




**चित्र *I 1.1*** अपने दोनों सिरों पर समंजित M द्रव्यमान का एक धातुक दंड।

अब छड़ की लंबाई $b$ जो लगभग 5 cm होती है को वर्नियर कैलीपर्स जिसका अल्पतमांक माप 0.01cm होता है, से मापते हैं। तब भिन्नात्मक त्रुटि $f_b$

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

इसी प्रकार छड़ की मोटाई $d$ को 0.001cm के अल्पतमांक माप के स्क्रूगेज से मापते हैं। यदि छड़ 0.2 cm मोटाई की लेते हैं, तो भिन्नात्मक त्रुटि $f_d$

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

अंततः अवनमन $\delta$ लगभग 5 mm है जिसे 0.001cm के अल्पतमांक के स्फ़ेरोमीटर से मापते हैं। तब,

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

प्रत्येक राशि की भिन्नात्मक त्रुटि ज्ञात करने के पश्चात आइए अब Y के मान में भिन्नात्मक त्रुटि ज्ञात करें।

$$f_y = (1)\,f_m + (1)\,f_g + (3)\,f_L + (1)\,f_b + (3)\,f_d + (1)\,f_\delta$$

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

$$+ 3 \times (5 \times 10^{-3}) + 1 \times (2 \times 10^{-3})$$

$$= 1 \times 10^{-3} + 3 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3} + 15 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3} = 22 \times 10^{-3}$$

अथवा $f_y = 22 \times 10^{-3} = 0.022$

अतः, संभावित भिन्नात्मक त्रुटि (अथवा अनिश्चितता) $f_y \times 100 = 0.022 \times 100 =$ 2.2% है। यहाँ ध्यान देने योग्य बात यह है कि किसी अच्छे प्रयोग के लिए Y के परिकलित मान में विभिन्न पदों से प्राप्त अधिकतम भिन्नात्मक त्रुटि $f_y$ के लिए विभिन्न पदों को योगदान अर्थात् $f_M$, $3f_L$, $f_b$, $3f_d$ एवं $f_s$ परिमाण में समान कोटि के होने चाहिए। ऐसा नहीं होना चाहिए कि इनमें से किसी एक राशि का मान इतना अधिक हो कि $f_y$ का निर्धारण मात्र उसी राशि (उसी कारक) द्वारा हो। यदि ऐसा होता है तो अन्य राशियों की माप महत्त्वहीन हो जाएगी। यही कारण है कि छड़ की माप मीटर पैमाने जिसका अल्पतमांक (0.1cm) बड़ा होता है के द्वारा की जाती है जबकि छोटी राशियों $d$ तथा $\delta$ को स्क्रूगेज़ व स्फेरोमीटर द्वारा मापते है जिनका अल्पतमांक छोटा (0.001cm) होता है। साथ ही उन राशियों, जिनकी सूत्र में उच्च घात होती है, जैसे $d$ तथा $L$ को अधिक सावधानीपूर्वक तथा कम अल्पतमांक वाले यंत्रों से मापना चाहिए।

© NCERT not to be republished

अधिकांश प्रयोगों का अंतिम उत्पाद कुछ भौतिक राशियों का मापित मान ही होता है। इसी मापित मान को सामान्यत: प्रयोग का परिणाम कहते हैं। किसी परिणाम की घोषणा करते समय तीन मुख्य बातों की आवश्यकता होती है जो इस प्रकार है–मापित मान, परिणाम में अपेक्षित अनिश्चितता (अथवा प्रायोगिक त्रुटि) तथा वह मात्रक जिसमें उस राशि को व्यक्त किया जाना है। इस प्रकार मापित मान को त्रुटि तथा उचित मानक के साथ, मान ± त्रुटि (मात्रक) के रूप में व्यक्त किया जाता है।

मान लीजिए किसी राशि का उद्धरण A ± a (मात्रक) के रूप में किया गया है।

इससे यह ध्वनित होता है कि A का आकलन A/a के 1 भाग की यथार्थता तक है जबकि A तथा a दोनों संख्याएँ हैं। सामान्य व्यवहार में इन संख्याओं में उन सभी अंकों को सम्मिलित किया जाता है, जो विश्वसनीय रूप से ज्ञात हों तथा उसमें एक अनिश्चित अंक और जोड़ देते हैं। इस प्रकार सभी विश्वसनीय अंक जमा पहला अनिश्चित अंक मिलकर **सार्थक अंक** कहे जाते हैं। मापित मान के सार्थक अंकों को त्रुटियों से मेल खाना चाहिए। प्रस्तुत उदाहरण में यह मानते हुए कि यंग स्थिरांक $Y = 18.2 \times 10^{10}$ Nm$^{-2}$ है (कृपया दिए गए आँकड़ों से परिकलन करके इस मान की जाँच कर लें)। तथा त्रुटि $\frac{\Delta y}{y} = f_y$

$$\Delta Y = f_y Y$$

$$= 0.022 \times 18.2 \times 10^{10} \text{ Nm}^{-2}$$

$$= 0.39 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$ जहाँ ΔY प्रायोगिक त्रुटि है।

अत:, Y का उद्धित मान $(18.2 \pm 0.4) \times 10^{10}$ Nm$^{-2}$ होना चाहिए।

## I 1.5 लॉगेरिथ्म (लघुगणक)

दिए गए आधार के साथ किसी संख्या का लॉगेरिथ्म वह घातांक है जिसके आधार पर उत्थित करने पर वही संख्या प्राप्त होती है।

यदि $a^x = N$ है, तब $x$ को N का a आधार सहित लॉगेरिथ्म कहते हैं तथा इसे $\log_a N$ द्वारा निरूपित करते हैं। (इसे log N टू द बेस $a$ पढ़ते हैं।) उदाहरण के लिए $2^4 = 16$। इसका अर्थ यह हुआ कि बेस 2 के साथ 16 का log (लॉग) 4 के बराबर है। अथवा $\log_2 16 = 4$। सामान्यत: हम किसी संख्या के लिए आधार 10 के साथ लॉगेरिथ्म का उपयोग करते हैं। यहाँ $\log 10 = 1$, $\log 100 = \log 10^2$ इत्यादि। आधार 10 से साथ लॉगेरिथ्म को प्राय: log लिखते हैं।

### (i) साधारण लॉगेरिथ्म

किसी संख्या के लॉगेरिथ्म के दो भाग होते हैं –

(i) पूर्णांश–यह पूर्णांकीय भाग होता है (प्राकृतिक संख्या का पूर्ण)।

(ii) अपूर्णांश – यह भिन्नात्मक भाग होता है जिसे सामान्यत: दशमलव के रूप में व्यक्त किया जाता है (अर्धपूर्णांश सदैव धनात्मक होता है)।

© NCERT not to be republished

### (ii) किसी संख्या का पूर्णांश कैसे ज्ञात करें?

पूर्णांश संख्या के परिणाम पर निर्भर करता है तथा इसे दशमलव की स्थिति द्वारा निर्धारित किया जाता है। 1 से बड़ी संख्या के लिए पूर्णांश धनात्मक होता है तथा इसका मान दशमलव बिंदु के बायीं ओर के अंकों की संख्या से एक कम होता है।

1 से छोटी संख्या (अर्थात् दशमलव भिन्न) के लिए पूर्णांश ऋणात्मक होता है तथा इसका मान दशमलव बिंदु तथा पहले अंक के बीच शून्यों की संख्या से एक अधिक होता है। उदाहरण के लिए संख्या के पूर्णांक इस प्रकार होते हैं

430700 का पूर्णांश 5; 4307 का पूर्णांश 3; 43.07 का पूर्णांश 1;
4.307 का पूर्णांश 0; 0.4307 का पूर्णांश –1. 0.04307 का पूर्णांश –2;
0.0004307 का पूर्णांश –4; 0.00004307 का पूर्णांश – 5 है।

ऋणात्मक पूर्णांशों को प्रायः $\bar{1},\bar{2},\bar{4},\bar{5}$ द्वारा लिखते हैं तथा बार 1, बार 2 आदि पढ़ते हैं।

## I 1.5.1 किसी संख्या का अपूर्णांश (mantissa) कैसे ज्ञात करें?

अपूर्णांश का मान अंकों तथा उनके क्रमों पर निर्भर करता है, दशमलव बिंदु की स्थिति पर नहीं। जब तक अंक तथा उनका क्रम समान रहता है, उसका अपूर्णांश वही रहता है, चाहे दशमलव बिंदु की स्थिति कुछ भी क्यों न हो।

पुस्तिका के अंत में दी गई लॉगेरिथ्म सारणी में केवल अपूर्णांश दिए गए हैं। ये प्रायः चार अंकों की संख्याओं के लिए होते हैं और यदि किसी संख्या में चार से अधिक अंक हों तो पूर्णांश को निर्धारित करने के पश्चात उसका निकटन चार अंकों वाली संख्या में कर लिया जाता है। अपूर्णांश ज्ञात करने के लिए सारणी का अनुसरण नीचे दिए अनुसार किया जाता है।

(i) संख्या के पहले दो सार्थक अंकों को सारणी के बायें वाले ऊर्ध्वाकार स्तंभ में देखते हैं जिसमें 10 से 99 के बीच की सभी संख्याएं दी होती हैं। यदि अंक 10 से छोटा है तो उसका अपूर्णांश अंक को 10 से गुणा करके निर्धारित किया जा सकता है।

(ii) शीर्षस्थ कॉलम में क्षैतिज रेखा के अनुदिश अंक दिए होते हैं।

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

ये दी गई संख्या के तीसरे अंक के तद्नुरूप होते हैं।

(iii) इसके आगे अंकों 1 2 3 4 5 6 6 8 9 के नीचे अंतर कॉलम दी गई संख्या के चौथे अंक के तद्नुरूप होता है।

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

© NCERT not to be republished

**उदाहरण 1**– 278.6 का लॉगेरिथ्म ज्ञात कीजिए।

**उत्तर:** संख्या में दशमलव बिंदु के बायीं ओर तीन अंक हैं। अतः इसका पूर्णांक 2 है। अपूर्णांक ज्ञात करने के लिए दशमलव बिंदु की उपेक्षा कीजिए तथा पहले ऊर्ध्वार्धर कॉलम में 27 को तथा बीच के शीर्षस्थ कॉलम में 8 को देखिए। 27 से क्षैतिज रेखा के अनुदिश दायीं ओर तथा 8 से ऊर्ध्वाधर अधोमुखी चलिए। ये दोनों रेखाएं एक बिंदु पर मिलती हैं जहाँ संख्या 4440 लिखी है। यह 278 का अपूर्णांश है। इसी क्षैतिज रेखा के अनुदिश आगे बढ़ते जाइए तथा अंतर कॉलम में अंक 6 के ऊर्ध्वाधर नीचे देखिए। आप यहाँ अंक 9 पाएंगे। अतः 2786 का अपूर्णांश 4440 + 9 = 4449 है।

अतः, 278.6 का लॉगेरिथ्म 2.4449 (अथवा $\log 278.6 = 2.4449$)है।

**उदाहरण 2**– 278600 का लॉगेरिथ्म ज्ञात कीजिए।

**उत्तर**– इस संख्या का पूर्णांश 5 है तथा अपूर्णांश ऊपर के उदाहरण 1 में दिए अनुसार ही है। हम केवल चार सार्थक अंकों का अपूर्णांश ज्ञात कर सकते हैं। अतः हम आखिरी 2 अंकों की उपेक्षा कर सकते हैं।

$$\therefore \log 278600 = 5.4449$$

**उदाहरण 3**– 0.00278633 का लॉगेरिथ्म ज्ञात कीजिए।

**उत्तर**– इस संख्या का पूर्णांक $\bar{3}$ है, क्योंकि इसमें दशमलव बिंदु के पश्चात दो शून्य हैं। हम केवल चार सार्थक अंकों का अपूर्णांश ज्ञात कर सकते हैं। अतः हम अंत के दो अंकों (33) की उपेक्षा कर सकते हैं और 2786 का अपूर्णांश ज्ञात करते हैं जो 4449 है।

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

जब किसी ऐसी संख्या जिसमें 4 से अधिक सार्थक अंक होते हैं, का अंतिम अंक 5 या इससे से अधिक होता है तो उससे अगले बायें अंक में एक जोड़ देते हैं और इस प्रक्रिया को संख्या में चार सार्थक अंक रहने तक दोहराते जाते हैं। यदि अंतिम अंक 5 से कम है तो पहले उदाहरण की भाँति उसकी उपेक्षा कर देते हैं।

यदि हमारे पास संख्या 2786.58 है तो इसमें अंतिम अंक 8 है। अतः, हम इससे अगले बायें अंक को बढ़ाकर 6 करेंगे और चूँकि 6 फिर 5 से अधिक है, हम अगले अंक को एक बढ़ाकर 6 से 7 करेंगे तथा 2787 का लॉगेरिथ्म ज्ञात करेंगे।

## I 1.5.2 ऐंटिलॉगेरिथ्म (प्रतिलघुगणक)

वह संख्या जिसका लॉगेरिथ्म $x$ है उसे $x$ का ऐंटिलॉगेरिथ्म कहते हैं। इसे antilog $x$ द्वारा निरूपित करते हैं।

इस प्रकार चूँकि $\log 2 = 0.3010$, तब antilog 0.3010 = 2

© NCERT not to be republished

**उदाहरण 1**– वह संख्या ज्ञात कीजिए जिसका लॉगेरिथ्म 1.8088 है।

**उत्तर** – इस कार्य के लिए हम ऐंटिलॉगेरिथ्मीय सारणी का उपयोग करते हैं जिसका उपयोग भिन्नात्मक भाग के लिए किया जाता है।

(i) उदाहरण 1 में भिन्नात्मक भाग 0.8088 है। बायीं ओर से पहले दो अंक 0.80 हैं। इसका तीसरा अंक 8 तथा चौथा अंक भी 8 है।

(ii) ऐंटिलॉगेरिथ्मीय सारणी के पहले ऊर्ध्वाधर कॉलम में 0.80 के लिए देखिए। इसके सामने की क्षैतिज पंक्ति में उस कॉलम जिसके शीर्ष पर 8 लिखा है, हम एक संख्या 6427 को इन दोनों के कटान (प्रतिच्छेदन) पर पाते हैं। इसका अर्थ है अपूर्णांक 0.808 के लिए संख्या 6427 है।

(iii) इसी क्षैतिज पंक्ति की निरंतरता में दायीं ओर औसत अंतर (Mean Difference) वाले कॉलम जिसके शीर्ष पर 8 अंकित है के बीच दोनों के कटान पर हमें एक संख्या 12 मिलती है। 6427 में 12 जोड़ने पर हमें 6439 प्राप्त होता है। अब 6439 वह संख्या है जिसका अपूर्णांश .8088 है।

(iv) ऐंटिलॉगेरिथ्म 1.8088 का पूर्णांक 1 है। यह वांछित संख्या के पूर्णांश भाग में अंकों की संख्या से एक कम है। अत: वांछित संख्या के पूर्णांश भाग में अंकों की संख्या 1 + 1 = 2 होगी। वांछित संख्या 64.39 है अर्थात्

$$\text{antilog } 1.8088 = 64.39$$

**उदाहरण 2**– $\bar{2}.8088$ का ऐंटिलॉगेरिथ्म ज्ञात कीजिए।

**उत्तर** – यहाँ पूर्णांक $\bar{2}$. है अत: संख्या में दशमलव बिंदु के आगे दायीं ओर एक शून्य होना चाहिए। अत: antilog $\bar{2}.8088 = 0.06439$

**लॉगेरिथ्म के नियम**

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

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

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

लॉगेरिथ्म की परिभाषा

$$\log_a 1 = 0 \text{ (चूँकि } a^0 = 1)$$

किसी भी (आधार) बेस के 1 का log शून्य होता है। तथा $\log_a a = 1$ [चूँकि $a^1 = a$, अत: किसी बेस के स्वयं का लॉगेरिथ्म 1 होता है]।



© NCERT not to be republished

## I 1.6 प्राकृतिक साइन (ज्या) सारणी / कोसाइन (कोज्या) सारणी

कुछ कोणों की ज्या अथवा कोज्या (sine अथवा cosine) के मान ज्ञात करने के लिए हमें त्रिकोणमितीय फलनों की सारणियों को देखने की आवश्यकता होती है। इस पुस्तिका के अंत में प्राकृतिक ज्या (Natural sine) तथा प्राकृतिक कोज्या (Natural cosine) की सारणी (पृष्ट 277-280) दी गई है। कोणों को प्राय: अंशों एवं मिनटों में दिया जाता है, उदाहरण के लिए 35°6' अथवा 35.1°.

### I 1.6.1 प्राकृतिक ज्या सारणी को पढ़ना

मान लीजिए हम sin 35°10' का मान पढ़ना चाहते हैं तो हमें इस प्रकार आगे बढ़ना चाहिए

(i) प्राकृतिक ज्या की सारणी खोलिए।

(ii) पहले ऊर्ध्वाधर कॉलम को देखकर 35° का पता लगाइए। इसके सामने की क्षैतिज पंक्ति का अवलोकन कीजिए। दायीं ओर 0.5736 के मान से आगे बढ़िए और जिस कॉलम के शीर्ष पर 6′ अंकित है उसके नीचे रुक जाइए। आप 0.5750 पर रुकेंगे।

(iii) परन्तु यदि हमें 10′ के लिए मान ज्ञात करना है तो 10′ तथा 6′ के बीच 4′ का अंतर है। अत: हम उसी पंक्ति में औसत अंतर (Mean Difference) के कॉलम में 4 नीचे देखते हैं जहाँ तद्नुरूप मान 10 है। 0.5750 के अंतिम अंकों में 10 जोड़ने पर हमें 0.5760 प्राप्त होता है।

इस प्रकार sin (35°10′) = 0.5760

### I 1.6.2 प्राकृतिक कोज्या (कोसाइन) सारणी को पढ़ना

प्राकृतिक कोज्या सारणी को भी इसी ढंग से पढ़ा जाता है। तथापि, $\theta$ में वृद्धि होने पर cos $\theta$ का मान घटता है, औसत अंतर (Mean Difference) को घटाया जाता है। उदाहरण के लिए, cos 25° = 0.9063 है। कोण 25°40′ की कोज्या का मान ज्ञात करने के लिए अर्थात cos 25°40′ के लिए हम cos 25°36′ = 0.9018 पढ़ते हैं। 4′ के लिए औसत अंतर 5 होता है जिसे 0.9018 के अंतिम अंकों से घटाया जाता है और 0.9013 प्राप्त होता है। इस प्रकार cos 25° 40′ = 0.9013 है।

### I 1.6.3 प्राकृतिक स्पर्शज्या (Tangent) सारणी को पढ़ना

प्राकृतिक स्पर्शज्या सारणी को भी प्राकृतिक ज्या सारणी की ही भाँति पढ़ा जाता है।

© NCERT not to be republished

# I 1.7 ग्राफ़ आलेखन

ग्राफ़ एक ऐसा चित्रात्मक निरूपण है जो दो चर राशियों के बीच के संबंध को चित्रित करता है। यह प्रायोगिक आँकड़ों पर दृष्टिपात कर उन्हें मन में स्पष्ट रूप से देखने में भी मदद करता है एवं दो राशियों के बीच संबंध दर्शाता है। यदि दो भौतिक राशियाँ $a$ तथा $b$ इस प्रकार हैं कि हम जब $a$ में परिवर्तन करते हैं तो परिणामस्वरूप $b$ में परिवर्तन हो जाता है, तो $a$ को स्वतंत्र चर एवं $b$ को अवलंबित चर कहते हैं। उदाहरण के लिए जब आप दोलक की लंबाई परिवर्तित करते हैं तो इसका आवर्तकाल परिवर्तित हो जाता है। यहाँ लंबाई स्वतंत्र चर है जब कि आवर्त काल अवलंबित चर है।

ग्राफ़ केवल दो चर राशियों के बीच के संबंध को चित्रात्मक रूप में ही नहीं दर्शाता वरन यह हमें कुछ नियमों (जैसे बॉयल का नियम) को सत्यापित करने, बहुत से प्रेक्षणों का औसत मान ज्ञात करने, प्रयोग की प्रेक्षण सीमाओं के बाहर कुछ राशियों के मानों का बहिर्वेशन / अंतर्वेशन करना एवं, दिए गए उपकरण को मापन के लिए अंशांकित अथवा अंशशोधित करने तथा अवलंबित चर राशि के अधिकतम एवं निम्नतम मान ज्ञात करने योग्य बनाता है।

ग्राफ़ों को प्राय: ग्राफ़ पेपर शीटों पर आलेखित किया जाता है जिन पर मिलीमीटर/सेंटीमीटर वर्ग खिंचे होते हैं। ग्राफ़ आलेखित करने के लिए नीचे किए गए चरणों का पालन करना होता है–

(i) स्वतंत्र चर तथा अवलंबित चर का पता लगाइए। स्वतंत्र चर को x-अक्ष के अनुदिश तथा परतंत्र चर को y-अक्ष के अनुदिश निरूपित कीजिए।

(ii) प्रत्येक चर का परिसर निर्धारित कीजिए तथा प्रत्येक को निरूपित करने के लिए उनके अक्षों के अनुदिश बड़े वर्गों की गणना कीजिए।

(iii) ग्राफ़ आलेखन में पैमाने का चयन एक विवेचनात्मक स्थिति होती है। आदर्श रूप में ग्राफ़ पर सबसे छोटा भाग माप का अल्पतमांक अथवा उस परिशुद्धता जिस तक कोई विशेष प्राचल ज्ञात है के बराबर होना चाहिए। कई बार, ग्राफ़ की स्पष्टता के लिए अल्पतमांक का कोई उपयुक्त अंश ग्राफ़ पेपर के सबसे छोटे भाग के बराबर लिया जाता है।

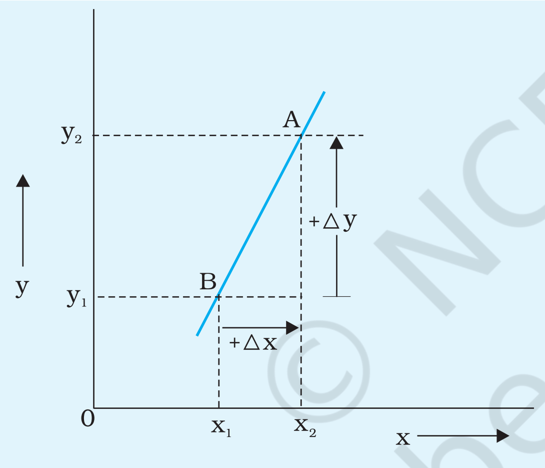
(iv) मूल बिंदु का चयन एक अन्य प्रसंग है जिसका चयन विवेकपूर्वक करना चाहिए। सामान्यत: (0,0) को मूल बिंदु लेने से उद्देश्य की पूर्ति हो जाती है। परंतु सामान्यत: इस चयन को तभी अपनाया जाता है जब चरों के बीच संबंध शून्य से आरंभ होता है अथवा जहाँ किसी एक चर की शून्य स्थिति को ज्ञात करना वांछित तो होता है परंतु उसका वास्तविक निर्धारण संभव नहीं होता। तथापि, अन्य सभी प्रकरणों में मूल बिंदु का चर के शून्य मान के संगत को आवश्यक नहीं होता। तथापि, संगत चर के निम्नतम मान से कुछ कम निकटतम पूर्ण संख्या द्वारा मूल बिंदु को निरूपित करना सुविधाजनक होता है। प्रत्येक अक्ष पर चर के मानों को केवल पूर्ण संख्याओं द्वारा ही निर्दिष्ट कीजिए।

© NCERT not to be republished

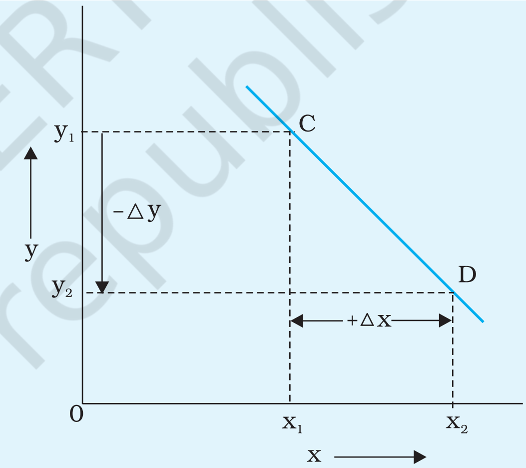
(v) x- तथा y-अक्ष पर स्केल का अंकन भरा हुआ नहीं होना चाहिए। संख्याओं को अक्ष के प्रत्येक पाँचवें सेंटीमीटर पर लिखिए। आलेखित राशि की इकाईयों को भी लिखिए। संख्याओं के वैज्ञानिक निरूपण का उपयोग कीजिए अर्थात, संख्या को पहले अंक के बाद दशमलव बिंदु लगाकर और संख्या को दस के उपयुक्त घात से गुणा करके लिखिए। स्केल के रूपांतरण को भी ग्राफ़ पेपर के ऊपर दायें अथवा बायें सिरे पर लिखा जा सकता है।

(vi) आलेखित ग्राफ़ के नीचे सम्मिलित भौतिक राशि के नाम अथवा संकेतों का उल्लेख करते हुए उपयुक्त शीर्षक लिखिए। ग्राफ़ पेपर पर दोनों अक्षों के अनुदिश लिए गए पैमानों को लिखिए।

(vii) जब ग्राफ़ एक सरल रेखा के रूप में अनुमानित होती है तो सामान्यत: 6 से 7 पाठ्यांक काफी होते हैं। बहुत सारे प्रेक्षणों को लेने में समय बरबाद नहीं करना चाहिए। प्रेक्षणों का सभी प्राप्य परिसरों पर फैलाव होना चाहिए।




*चित्र I 1.2* प्रवणता का मान धनात्मक है




*चित्र I 1.3* प्रवणता का मान ऋणात्मक है

(viii) यदि ग्राफ़ एक वक्र है तो पहले स्वतंत्र चर के समस्त परिसर का 6 से 7 चरणों में फैलाव लेकर उसके परिसर की छानबीन कीजिए। तब यह अंदाज लगाने की कोशिश कीजिए कि कहाँ पर वक्र की वक्रता में तीव्र परिवर्तन आएंगे। उन क्षेत्रों पर ज्यादा पाठ्यांक लीजिए। उदाहरणार्थ, जहाँ पर उच्चिष्ठ अथवा निम्निष्ठ है, वहाँ अग्रनिष्ठ के सटीक बिंदु को ज्ञात करने के लिए अधिक पाठ्यांक लेने की आवश्यकता होती है, जैसा कि न्यूनतम विचलण कोण $\delta_m$ ज्ञात करने में आपको $\delta_m$ के आस-पास अधिक प्रेक्षणों को लेने की ज़रूरत हो सकती है।

(ix) 'आँकड़ा' बिंदुओं के निरूपण का भी कोई अर्थ होता है। आलेखित बिंदु के फैलाव की आमाप आंकड़ों की यथार्थता के अनुरूप होना चाहिए। आइए, अब हम एक ऐसा उदाहरण लेते हैं जिसमें किसी आलेखित बिंदु को एक बिंदु जिसके चारों ओर वृत्त

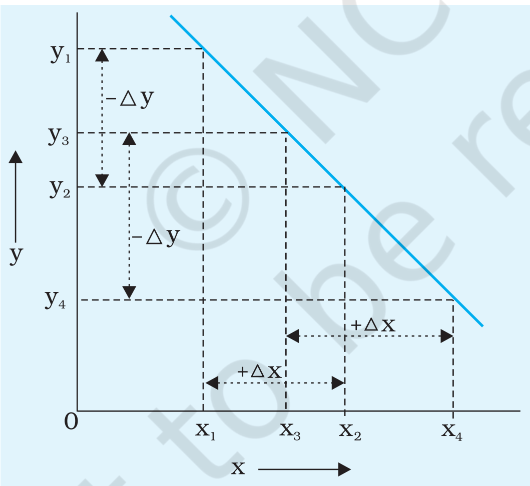
© NCERT not to be republished

(⊙)है द्वारा निरूपित किया गया है। केंद्रीय बिंदु मापित आँकड़े का मान है। 'x' अथवा 'y' पार्श्व के वृत्त की त्रिज्या अनिश्चितता की आमाप बताती है। यदि वृत्त की त्रिज्या अधिक है तो इसका अर्थ यह होगा कि आँकड़े में अनिश्चितता अधिक है। साथ ही, इस प्रकार का निरूपण यह बताता है कि x-अक्ष तथा y-अक्ष के अनुदिश यथार्थता समान है। कुछ अन्य उपयोग किए जाने वाले निरूपण ⊡, ⟁, ■, ▲, × आदि हैं जिनका अर्थ ऊपर दिए अनुसार ही होता है।

उन प्रकरणों जिनमें x-अक्ष तथा y-अक्ष के अनुदिश अनिश्चिता भिन्न होती हैं, उपयोग होने वाले कुछ संकेत चिह्न ┼ (y-अक्ष की अपेक्षा x-अक्ष की यथार्थता अधिक है); ┼(x-अक्ष की अपेक्षा y-अक्ष की यथार्थता अधिक है)हैं।

⌶, ▯, ⬮, ▮, ▬ कुछ अन्य प्रतीक हैं। आप स्वयं अन्य प्रतीकों की अभिकल्पना कर सकते हैं।

(x) सभी आँकड़ा बिंदुओं को आलेखित करने के पश्चात सामान्य प्रचलन के अनुसार तर्कसंगतपूर्वक हाथों से निष्कोण वक्र इस प्रकार खींचा जाता है कि अधिकतम बिंदु इस वक्र पर अथवा उनके पास रहें। शेष बिंदु इस वक्र के दोनों ओर समान रूप से बँटे हों। आजकल प्रदत्त आँकड़ों से ग्राफ़ आलेखित करने के लिए कंप्यूटर का भी उपयोग किया जाता है।




***चित्र I 1.4*** *किसी सरल रेखा की प्रवणता नियत होती है।*

## I 1.7.1 सरल रेखा की प्रवणता

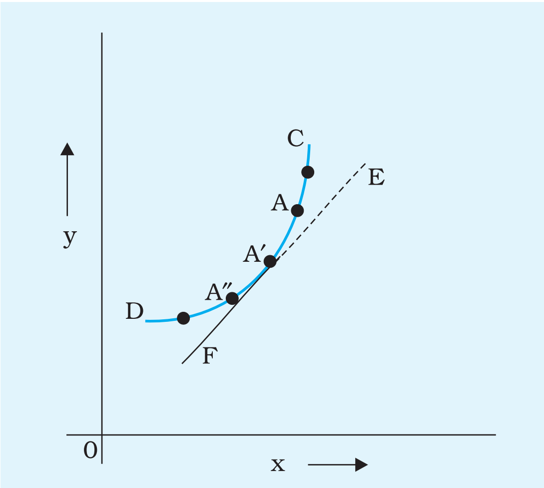
किसी सरल रेखा AB की प्रवणता $m$ की परिभाषा इस प्रकार की जाती है: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

यहाँ, चित्र I 1.2 में दर्शाए अनुसार $\Delta x$ वह परिवर्तन है जो x-अक्ष के अनुदिश आलेखित राशि के मान में होता है तथा $\Delta y$ वह परिवर्तन है जो x-अक्ष की राशि में परिवर्तन के तद्नुरूप Y-अक्ष के अनुदिश आलेखित राशि के मान में होता है। यहाँ ध्यान देने योग्य बात यह है कि जब $\Delta x$ तथा $\Delta y$ दोनों के चिह्न समान होते हैं तो $m$ का चिह्न धनात्मक होगा, जैसा कि चित्र I 1.2 में दर्शाया गया है। इसके विपरीत यदि $\Delta y$ का चिह्न $\Delta x$ के चिह्न के विपरीत है (अर्थात $x$ में वृद्धि होने पर $y$ घटता है) तो प्रवणता $m$ का मान ऋणात्मक होगा। इसे चित्र I 1.3 में निर्दिष्ट किया गया है।

इसके साथ ही, दी गई सरल रेखा के सभी बिंदुओं पर प्रवणता का मान समान होता है। इसका कारण यह है कि चित्र I 1.4 में दर्शाए अनुसार सरल रेखा के सभी बिंदुओं पर $x$ के मान में कोई दिया गया परिवर्तन करने पर $y$-का मान समान परिमाण में परिवर्तित होता है। इस



© NCERT not to be republished



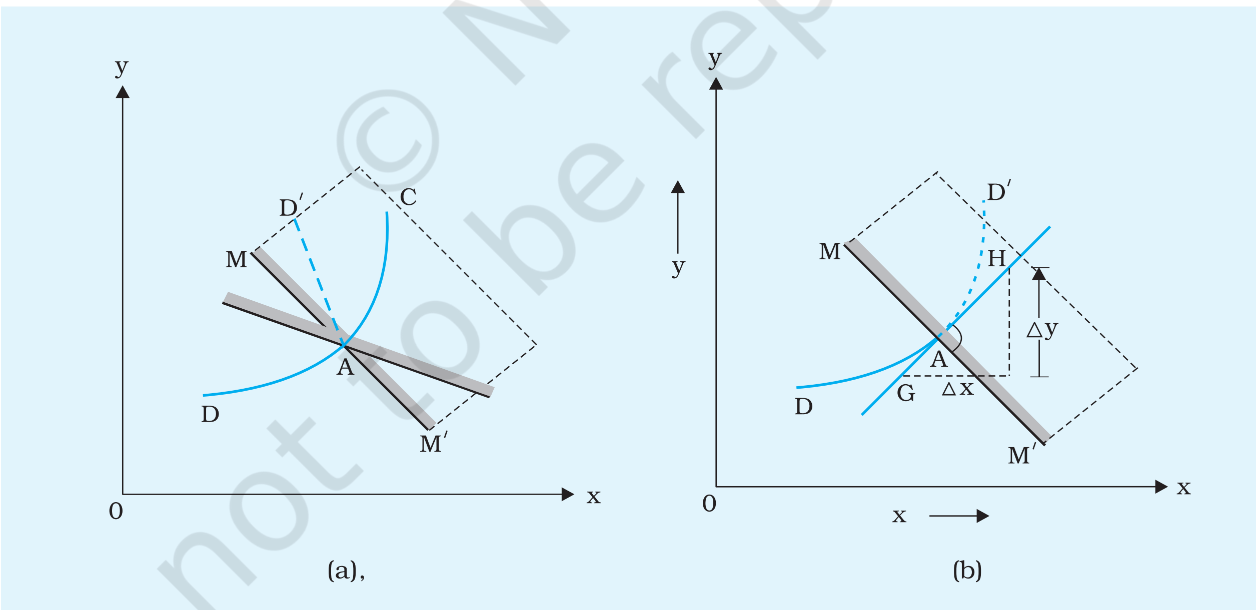

*चित्र I 1.5 बिंदु A पर स्पर्शी*

प्रकार किसी दी गई सरल रेखा के लिए प्रवणता नियत होती है।

प्रवणता का परिकलन करते समय *x*-खंड सदैव ही पर्याप्त लंबाई का चयन करें एवं ध्यान दीजिए कि यह चर राशि का कोई पूर्णांक हो। उसके बाद y-अक्ष पर चर राशि के संगत अंतराल को माप लिया जाता है और प्रवणता का अवकलन कर लिया जाता है। सामान्यत: प्रवणता में दो से अधिक सार्थक अंक नहीं होने चाहिए। प्रवणता एवं अंत:खंड यदि कुछ है तो उनके मान ग्राफ़ पेपर पर लिखने चाहिए।

प्रवणता को $\tan\theta$ के रूप में नहीं दर्शाइए। जब दोनों अक्ष पर स्केल समान होते हैं केवल तभी प्रवणता $\tan\theta$ के बराबर होती है। साथ में इस बात का भी ध्यान रखिए कि ग्राफ़ की प्रवणता की भौतिक सार्थकता है, ज्यामितीय सार्थकता नहीं।

प्राय: सरल रेखीय ग्राफ़ जिसकी अपेक्षा की जाती है कि मूल बिंदु से होकर गुज़रे, कुछ अंत:खंड देती है। अत:, जब भी एक रैखिक संबंध अपेक्षित हो, दो राशियों के अनुपात के औसत के बदले सूत्र में प्रवणता का उपयोग करना चाहिए।




*चित्र I 1.6 (a), (b) एक समतल दर्पण के उपयोग से बिंदु A पर स्पर्शी खींचना।*

## I 1.7.2 वक्र के किसी दिए गए बिंदु पर वक्र की प्रवणता

जैसा कि पहले निर्दिष्ट किया जा चुका है किसी सरल रेखा के प्रत्येक बिंदु पर प्रवणता का मान समान होता है। तथापि उन वक्रों के लिए जो सरल रेखीय नहीं हैं, यह सही नहीं है। चित्र I.1.5 में दर्शाए अनुसार वक्र CD के बिंदुओं A, A′, A″ आदि पर वक्र की प्रवणता के मान भिन्न-भिन्न हो सकते हैं।

अत: उन वक्रों के प्रकरण में जो सरल रेखीय नहीं हैं, हम किसी विशेष बिंदु पर प्रवणता के बारे में बात करते हैं। वक्र के किसी विशेष बिंदु जैसे चित्र I 1.5 में बिंदु A पर प्रवणता का मान रेखा EF कि प्रवणता के मान के बराबर होता है जो वक्र के बिंदु A पर स्पर्शी है। इस प्रकार दिए गए वक्र के किसी दिए गए बिंदु पर प्रवणता ज्ञात करने के लिए हमें उस वक्र के वांछित बिंदु पर स्पर्शी खींचना चाहिए।

दिए गए वक्र के किसी बिंदु पर स्पर्शी खींचने के लिए हम लकड़ी के गुटके में फंसी एक समतल दर्पण की पट्टिका का उपयोग कर सकते हैं ताकि जिस कागज़ पर वह वक्र खींचा गया है दर्पण उसके लंबवत रखा जा सके। इसे चित्र I 1.6(a) तथा चित्र I 1.6(b) में दर्शाया गया है। समतल दर्पण की पट्टिका MM′ को वांछित बिंदु A पर इस प्रकार रखा जाता है कि वक्र के भाग DA का प्रतिबिंब D′A दर्पण-पट्टिका में DA की निरंतरता प्रतीत हो। व्यापक रूप में प्रतिबिम्ब D′A वक्र के भाग DA से निष्कोण रूप से जुड़ा दिखाई नहीं देता जैसा कि चित्र I 1.6(a) में दर्शाया गया है।

इसके पश्चात दर्पण पट्टिका MM′ (तथा लकड़ी के गुटके को भी जिससे यह जुड़ी है) को इसकी स्थिति बिंदु A पर स्थिर रखते हुए घुमाइए। ऐसा करने पर दर्पण में बना प्रतिबिंब D′A भी घूमता प्रतीत होगा। अब MM′ की स्थिति को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि DAD′ चित्र I 1.6(b) में दर्शाए अनुसार निरंतर, निष्कोण वक्र की भाँति दिखायी दे। इस व्यवस्था में दर्पण के किनारे के अनुदिश नुकीली पेंसिल द्वारा रेखा MAM′ खींचिए। इसके पश्चात चाँदे की सहायता से MAM′ के बिंदु A पर लंब GH खींचिए।

GAH वह रेखा है जो वक्र DAC के बिंदु A पर वांछित स्पर्शी है। स्पर्शी GAH की प्रवणता (अर्थात $\Delta y/\Delta x$) वक्र CAD के बिंदु A की प्रवणता है। उपरोक्त कार्यविधि का उपयोग किसी भी वक्र के किसी भी दिए गए बिंदु पर स्पर्शी खींचने के लिए किया जा सकता है।

## I 1.8 प्रयोगों को संपन्न करने के लिए सामान्य निर्देश

1. छात्रों को प्रयोग के सिद्धांत को पूर्ण रूप से समझना चाहिए। प्रयोग संपन्न करने से पूर्व उसे प्रयोग का उद्देश्य तथा प्रयोग को करने के लिए अपनायी जाने वाली कार्यविधि सुस्पष्ट होनी चाहिए।

2. प्रायोगिक मेज पर उपकरण को उचित क्रम में सुव्यवस्थित करना चाहिए। किसी भी प्रकार की क्षति से बचाव के लिए सभी उपकरणों का प्रचालन सावधानी एवं सतर्कतापूर्वक किया जाना चाहिए। यदि दुर्घटनावश किसी भी प्रकार की क्षति अथवा टूट-फूट हो जाए तो इसकी सूचना तुरंत संबंधित शिक्षक महोदय को दी जानी चाहिए।

© NCERT not to be republished

3. प्रयोग करते समय प्रयोग के लिए अपेक्षित सावधानियों का कठोर रूप से पालन करना चाहिए।

4. प्रत्येक प्रेक्षण को कई बार दोहराइए, चाहे हर बार प्रेक्षण का मान समान ही क्यों न हो। छात्र के मस्तिष्क में प्रेक्षणों को रिकॉर्ड करने की संपूर्ण उचित योजना होनी चाहिए। अधिकांश प्रयोगों में प्रेक्षणों को सारणी के रूप में रिकॉर्ड करना आवश्यक होता है।

5. परिकलनों को स्वच्छतापूर्वक (लॉगेरिथ्मीय सारणी के उपयोग को प्राथमिकता देते हुए) दर्शाया जाना चाहिए। प्रत्येक राशि की माप के समय उसकी माप में यथार्थता की कोटि का सदैव ध्यान रखना चाहिए जिससे अंतिम परिणाम में किसी भी प्रकार की बनावटी यथार्थता नहीं झलके। इसीलिए, प्राप्त परिणाम का उचित निकटन कर देना चाहिए।

6. जहाँ भी संभव हो, प्रेक्षणों का निरूपण ग्रॉफ़ की सहायता से किया जाना चाहिए।

7. परिणाम को सदैव उचित SI मात्रकों (यदि हैं, तो) में, प्रायोगिक त्रुटि सहित दर्शाया जाना चाहिए।

## I 1.9 प्रयोगों को रिकॉर्ड करने के लिए सामान्य निर्देश

प्रयोगात्मक अंवेषण के परिणाम के उचित संप्रेषण के लिए प्रायोगिक पुस्तिका में प्रयोग की स्वच्छ एवं क्रमबद्ध रिकॉर्डिंग करना अत्यंत महत्त्वपूर्ण होता है। रिपोर्ट तैयार करने के लिए प्रायः नीचे दिए गए शीर्षकों का पालन किया जा सकता है

दिनांक.....      प्रयोग संख्या.....      पृष्ठ संख्या.....

### उद्देश्य

संपन्न किए जाने वाले प्रयोग के उद्देश्य का उल्लेख सुस्पष्ट एवं ठीक-ठीक शब्दों में कीजिए।

### आवश्यक उपकरण एवं सामग्री

प्रयोग को संपन्न करने के लिए आवश्यक उपकरणों एवं सामग्री का वर्णन कीजिए।

### मापक यंत्रों/युक्तियों का विवरण (वैकल्पिक)

प्रयोग में उपयोग होने वाले उपकरण एवं विभिन्न महत्वपूर्ण मापक युक्तियों का विवरण दीजिए।

### पद एवं परिभाषाएँ अथवा अवधारणाएँ (वैकल्पिक)

प्रयोग में उपयोग होने वाले विभिन्न महत्वपूर्ण पद एवं परिभाषाएँ अथवा अवधारणाओं का सुस्पष्ट उल्लेख कीजिए।

### नियम/सिद्धांत

उन सिद्धांतों को लिखिए जिन पर यह प्रयोग आधारित है। उपयोग होने वाला सूत्र भी लिखिए तथा सूत्र में सम्मिलित प्रतीकों का स्पष्टीकरण कीजिए (सूत्र व्युत्पन्न करने की आवश्यकता

© NCERT not to be republished

नहीं है)। प्रकाश से संबंधित प्रयोगों के सुस्पष्ट प्रकाश किरण आरेख तथा विद्युत से संबंधित प्रयोगों/कार्यकलापों के लिए स्वच्छ एवं सुस्पष्ट परिपथ आरेख खींचिए।

## कार्य-विधि (अंतर्निमित सावधानियों सहित)

उपकरणों को व्यवस्थित करने तथा माप लेने की कार्यविधि का क्रमबद्ध ढंग से उल्लेख करते हुए प्रयोग के विभिन्न चरणों के अंतर्निमित बरती गई वास्तविक सावधानियों सहित वर्णन कीजिए।

## प्रेक्षण

जहाँ तक संभव हो प्रेक्षणों को तालिका के रूप में साफ-साफ लिखें पर दोबारा लिखे बिना रिकॉर्ड कीजिए। प्रेक्षण तालिका के शीर्षभाग पर स्पष्ट शब्दों में उपयोग होने विभिन्न मापक यंत्रों की अल्पतमांकों एवं परिसरों का उल्लेख कीजिए। यदि प्रयोग का परिणाम कुछ निश्चित अवस्थाओं जैसे ताप, दाब आदि पर निर्भर करता हो तो इन कारकों के मानों का उल्लेख भी अवश्य कीजिए।

## परिकलन एवं ग्राफ़ आलेखन

विभिन्न राशियों के प्रेक्षित मानों को सूत्र में प्रतिस्थापित करके लॉगेरिथ्मीय सारिणी की सहायता से क्रमबद्ध ढंग से सुस्पष्ट संगणनाएँ कीजिए। प्रायोगिक त्रुटि का भी परिकलन कीजिए। जहाँ कहीं संभव हो, परिणाम को प्राप्त करने के लिए ग्राफीय विधि का उपयोग कीजिए।

## परिणाम

प्रायोगिक प्रेक्षणों के आधार पर निकाले गए निष्कर्षों का उल्लेख कीजिए। भौतिक राशियों के परिणामों को उनके आंकिक मानों के उचित सार्थक अंकों में उपयुक्त SI मात्रकों एवं संभावित त्रुटि सहित व्यक्त कीजिए। यदि परिणाम भौतिक अवस्थाओं जैसे ताप, दाब आदि पर निर्भर करता है तो उनका भी उल्लेख कीजिए।

## सावधानियाँ

प्रयोग/कार्यकलाप करते समय वास्तव में बरती जाने वाली सावधानियों का उल्लेख कीजिए।

## त्रुटियों के स्रोत

उन संभावित त्रुटियों के स्रोत उल्लेख कीजिए जो प्रयोगकर्ता छात्र के नियंत्रण से बाहर हैं तथा परिणाम को प्रभावित कर सकती हैं।

## परिचर्चा

इस शीर्षक के अंतर्गत प्रयोग की प्रायोगिक व्यवस्था के विशेष कारणों का उल्लेख करना होता है। प्रयोग करते समय जिन विशेष कठिनाइयों का सामना करना पड़ा अथवा अपने प्रेक्षणों के आधार पर आप क्या विशेष निष्कर्ष निकाल सकते हैं उनका भी वर्णन कीजिए। इनमें उन बिंदुओं को भी सम्मिलित किया जा सकता है जो प्रयोग को सावधानियाँ बरतते हुए और अधिक यथार्थ बना सकते हैं तथा व्यापक रूप में प्रयोग में सम्मिलित मूल सिद्धांतों को और अच्छी प्रकार से समझने के लिए सिद्धांत को प्रयोग से विवेचित ढंग से संबंधित करते हैं।



© NCERT not to be republished