परिचय

किसी भी अन्य विज्ञान विषय की भाँति भौतिकी भी ऐसा विषय है जो कि क्रिया - कलापों के द्वारा अधिक अच्छी तरह से सीखा जा सकता है। निश्चित रूप से उच्चतर माध्यमिक स्तर पर प्रायोगिक भौतिकी, विज्ञान पाठ्यक्रम का एक अभिन्न अंग है।

1. प्रयोगात्मक भौतिकी के उद्देश्य

यह प्रश्न पूछा जा सकता है कि प्रयोगशाला कार्य के क्या उद्देश्य हैं। इसी संदर्भ में हम यह कह सकते हैं कि प्रयोगात्मक कार्य निम्न उद्देश्यों की पूर्ति करता है:

- आपके भौतिकी पाठ्यक्रम में दिये गये सिद्धन्तों का निरूपण करना।
- उपकरणों से परिचय कराना तथा यंत्रों व उपकरणों के उद्देश्यपूर्ण प्रयोग करने के योग्य बनाना।
- वैज्ञानिक प्रयोगों को करके सीखने में मदद करना।
- प्रायोगिक कार्यों में पूर्णता की अभिवृत्ति का विकास करना।

विज्ञान के किसी भी सिद्धान्त को समझने में उसका प्रायोगिक निरूपण काफी सहायक होता है। उदाहरणार्थ, अन्तर्ज्ञान से हमें यह प्रतीत होता है कि यदि एक लोलक 1^0 के आयाम से दोलन करता है और फिर 20^0 के आयाम से तो दूसरी स्थिति में आवर्तकाल काफी अधिक होगा–यदि 20 गुना न भी हो तो भी 2–3 गुना तो होगा ही। गैलीलियो द्वारा अपने हृदय स्पंदों को घड़ी के रूप में प्रयोग करने पर यह पाया गया कि आवर्तकाल आयाम के साथ परिवर्तित नहीं होता व इसी खोज से लोलक घड़ियों का विकास हुआ।

द्वितीय उद्देश्य संभवत: अधिक महत्वपूर्ण है। प्रयोगात्मक कार्यों में आप अनेक उपकरणों का प्रयोग करते हैं। अपने व्यवसाय के रूप में आप किसी वैज्ञानिक शोध या उद्योग में संलग्न हो सकते हैं। उच्चतर माध्यमिक या विश्वविद्यालय-स्तर पर भी प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम में उन समस्त यंत्रों का समावेश सम्भव नहीं है जिन्हें विभिन्न छात्र भविष्य में पयोग कर सकते हैं। प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम जो कि आपको अत्यधिक यंत्रों का परिचय कराने का प्रयास करे, ऊबाऊ व भारस्वरूप सिद्ध होगा। सही प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम कुछ यंत्रों की सहायता से ही, आपको सामान्य यंत्रों के उपयोग के योग्य बनाता है। एक शोधार्थी व तकनीकी व्यक्ति को यंत्रों का उपयोग करते समय एक विशेष मानसिक अभिवृति की आवश्यकता होती है जिसे प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम कुछ आधारभूत कौशल के साथ समाविष्ट करने का प्रयास करता है। यह है पूर्णता की अभिवृत्ति, यंत्रों को सूक्ष्मतम

विस्तारों के साथ जानने की अभिवृत्ति, यंत्रों को उचित रूप से प्रयोग करने का ज्ञान प्राप्त करना व उन्हें समुचित रूप से एवं आवश्यक सावधानियों सहित प्रयोग करना। भारतीय उद्योगों के संदर्भ में, जो कि अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर प्रतिस्पर्धा करने के लिए कृतसंकल्प हैं, इस उद्देश्य की उपयोगिता को कम नहीं आंका जा सकता।

शिक्षण विधि की दृष्टि से तृतीय उद्देश्य संभवतः सर्वाधिक महत्वपूर्ण है। प्रायोगिक कार्य यदि सत्यतापूर्वक व उचित प्रकार से किया जाय तो आप एक अच्छे प्रयोगकर्ता बन सकते हैं। यह आपको नया ज्ञान प्राप्त करने की व्यवस्थित प्रायोगिक विधि (वैज्ञानिक विधि) में प्रशिक्षित करता है। यह केवल शोधार्थी के लिये ही नहीं वरन, सभी के लिये आवश्यक है। हम दैनिक जीवन में अनेक स्थितियों का सामना करते हैं जिनके लिये हम जांच व त्रुटि विधि द्वारा सूचना प्राप्त करते हैं।

2. पुस्तिका का प्रारूप

इस पुस्तिका में प्रयोगों का प्रस्तुतीकरण स्व निर्देशक सामग्री द्वारा निम्न प्रारूप में किया जा रहा है।

1) **ध्येयः** यह प्रयोग के क्षेत्र को परिभाषित करता है।
2) **उद्देश्यः** प्रयोग के उद्देश्य आपको उन कौशल व ज्ञान के विषय में बताते हैं जिन्हें प्रयोगोपरान्त आप द्वारा अर्जित व विकसित किये जाने की अपेक्षा की जाती है।
3) **आवश्यक पूर्णज्ञानः** यह आपको प्रयोग को अर्थपूर्ण ढंग से करने के लिये आवश्यक आधारभूत ज्ञान व संकल्पनाओं से अवगत कराता है।
4) **आवश्यक सामग्रीः** यह प्रयोग करने के लिये आवश्यक उपकरणों व अन्य सामग्री की पूर्ण सूची प्रदान करता है।
5) **प्रयोग का समायोजनः** यहाँ क्रमबद्ध रूप से उपकरणों के व्यवस्थापन व प्रयोग करने हेतु विभिन्न पदों का वर्णन करने के साथ-साथ आवश्यक सावधानियों का यथेष्ट समावेश किया गया हैं
6) **प्रेक्षणः** प्रत्येक प्रयोग में प्रेक्षण अभिलेखन के लिये अनुकूल प्रारूप प्रदान किया गया है।
7) **न्यास-विश्लेषणः** प्रत्येक प्रयोग में न्यास-विश्लेषण सम्बन्धी सुझाव दिये गये हैं। कई प्रयोगों में यह उपर्युक्त शीर्षक (6) के साथ सम्मिलित रूप से प्रयुक्त किया गया है।
8) **परिणामः** यह प्रेक्षणों से निकाले गये निष्कर्ष हैं व प्रारम्भ में निर्धारित किये गये उद्देश्यों को पूर्ण करते हैं।
9) **त्रुटि के स्रोतः** चूंकि भौतिकी के समस्त प्रयोगों में मापन सन्निहित है और यदि मापन में त्रुटि हो तो परिणाम निश्चित रूपेण त्रुटिपूर्ण होंगे। अतः, आपका ध्यान मापन में त्रुटि के कारणों की ओर आकृष्ट किया गया है।

10) **देखें आपने क्या सीखा:** प्रत्येक प्रयोग के अन्त में कुछ प्रश्नों का समावेश किया गया है ताकि किये गये कार्य को दृढ़ीभूत किया जा सके व उस प्रयोग से सम्बन्धित आप कितना समझ पाये हैं उस विषय ज्ञान का परीक्षण किया जा सके।

किसी भी प्रयोग को करने से पूर्व उस प्रयोग के अन्तर्गत दिये गये विस्तृत सुझावों को पढ़ने की सलाह दी जाती है तदनुसार ही आप अपनी कार्य योजना निर्धारित करें। शंका होने पर अपने अनुशिक्षक (tutor) से आवश्यक स्पष्टीकरण कर लें।

3. प्रायोगिक त्रुटियाँ

निम्न सारणी को ध्यानपूर्वक देखें। इसमें प्रकाश के वेग का मान सटीक रूप से ज्ञात करने के कुछ परिणाम दिये गये हैं और संयोगवश इनसे आपको प्रयोगात्मक त्रुटियों के विषय में समुचित रूप से ज्ञान प्राप्त हो जायेगा।

दिनाँक	प्रेक्षक, जाँचकर्ता	प्रक्षित वेग km/s	सार्थक अंक
1972	कोर्नू	299990 ± 200	4
1880	माइकेलसन	299910 ± 50	5
1883	न्यूकोन	299860 ± 30	5
1883	माइकेलसन	299850 ± 60	5
1826	माइकेलसन	299796 ± 4	6
1982 को प्राप्त श्रेष्ठतम मान		299792.4590 ± 0.0008	10

इन परिणामों से स्पष्ट होता है कि

अ) किसी भी प्रयोग द्वारा शत-प्रतिशत शुद्ध मापन सम्भव नहीं है।

ब) वैज्ञानिकों का ध्येय सही मान का निकटतम मूल्य ज्ञात करना है।

स) प्रयोगकर्ताओं को अपने प्रयोगों की सटीकता का समुचित निर्धारण करना पड़ता है।

सम्भावित त्रुटि के ज्ञान के अभाव में किसी प्रयोग के परिणामों की कोई सार्थकता नहीं है अर्थात् परिणाम में दर्शित समस्त अंक अर्थपूर्ण होने चाहिये।

किसी परिणाम के सार्थक अंकों में वह सभी अंक सम्मिलित हैं जो कि विश्वसनीय हैं और एक अन्तिम अंक भी जो कि सन्देहास्पद है। इस प्रकार 1875 में कोर्नू को केवल 4 सार्थक अंकों का परिणाम प्राप्त हो सका उसके प्रयोग की संभावित त्रुटि ± 200 थी यानि उसके परिणाम में चौथा अंक सन्देहास्पद है। पुनः 1883 में माइकेलसन केवल पाँच सार्थक अंकों तक परिणाम प्राप्त कर सका क्योंकि उसके द्वारा आँकलित त्रुटि का मान

± 60 किलोमीटर/सेकण्ड था। 1826 में, 50 वर्षों तक प्रकाश-वेग मापन के लिये किये गये प्रयासों में फलस्वरूप वह सार्थक अंकों की संख्या में केवल 1 अंक की वृद्धि कर पाया-अर्थात् अपने मापन की सत्यपरकता बढ़ाने के लिये इतने अधिक प्रयास की आवश्यकता पड़ती है।

3.1 विभिन्न प्रकार की त्रुटियाँ

हम प्रयोगात्मक त्रुटियों को निम्न दो वर्गों में विभक्त कर सकते हैं-

क्रमबद्ध त्रुटियाँ- ये प्रयोग में होने वाली वह त्रुटियाँ हैं जो सदैव समान रूप से होती हैं। यह उपकरणीय या याँत्रिक त्रुटि हो सकती है। उदाहरणार्थ, यदि लकड़ी के एक पुराने पैमाने से, जो कि आर्द्रता के कारण फैल गया हो, लम्बाई मापन करें तो लम्बाई हमेशा कम मापी जाएगी। यह त्रुटि यंत्र के समंजन में हुई गलती के फलस्वरूप भी हो सकती है अथवा किसी अवधारणा के त्वरित संप्रेषण हेतु किये गये प्रयोग के सरलीकरण के फलस्वरूप हो सकती है जिसमें कि इस त्रुटि को नगण्य मान लिया गया हो। यहाँ तक कि एक प्रेक्षक अपनी किसी प्रवृत्ति के फलस्वरूप भी मापन की त्रुटि कम या अधिक कर सकता है।

यदृच्छ त्रुटियाँ- इन प्रायोगिक त्रुटियों के कारण प्रेक्षणों में प्राप्त मान शुद्ध मान के सापेक्ष कभी कम व कभी अधिक आ जाते हैं। जैसे कि पैमाने को पढ़ने में लंबन त्रुटि। यह त्रुटि प्रेक्षक के कारण भी हो सकती है और उपकरण के कारण भीं उदाहरणार्थ, तापमानी द्वारा ताप के मापन में तापमानी की मोटाई के कारण भी लम्बन त्रुटि सम्भव है और प्रेक्षक द्वारा पैमाने के लम्बवत दृष्टिपथ न रखने के कारण भी। बार-बार किये जाने वाले मापनों में प्रेक्षण, यदृच्छ त्रुटियों के फलस्वरूप, शुद्ध मान के इधर उधर (एक लघु परास में) विसरित रहते हें चित्र 1 (a को देखें। त्रुटि के अभाव में प्राप्त परिणाम शुद्ध परिणामों के आस पास होते हैं (यद्यपि आप कभी भी शुद्ध मान ज्ञात नहीं कर सकते हैं (चित्र 1b)

चित्र 1: परिणामों का समुच्चय (a) बिना क्रमबद्ध त्रुटि (b) क्रमबद्ध त्रुटि के साथ

यहाँ त्रुटियों के संदर्भ में प्रयुक्त दो शब्दों सटीक व परिशुद्ध (Prcise) के बीच अन्तर स्पष्ट करना सुविधाजनक होगा। परिणाम को सटीक (accurate) तब माना जाता है जब कि यह सापेक्ष रूप से क्रमबद्ध (Systematic) त्रुटियों से मुक्त हो तथा परिणाम को परिशुद्ध उस समय माना जाता है जबकि यदृच्छ त्रुटियाँ न्यून हों। व्यवहारिक रूप से एक अधिक सटीक (accurate) प्रयोग सामान्यतः अधिक परिशुद्ध भी होता है।

आपको किसी मापन के कम से कम तीन अलग-अलग प्रेक्षण लेने चाहिये और तब उनका माध्य ज्ञात करना चाहिये। इस प्रकार से धनात्मक व ॠणात्मक यदृच्छ त्रुटियाँ एक

दूसरे को निरस्त करने की प्रवृत्त होती हैं। इससे आपको प्रयोग में होने वाली बड़ी त्रुटि का भी ज्ञान हो सकता है व तब आप उसे प्रेक्षण को छोड़ सकते हैं। उदाहरणार्थ, सरल लोलक का दोलन काल ज्ञात करते समय अगर आप 9 आवृत्तियों को गलती से 10 गिनें तो अन्य प्रेक्षणों की तुलना मे इस दोलनकाल का मान काफी कम आने के कारण हम इस प्रेक्षण की उपेक्षा करेंगे।

3.2 आंशिक त्रुटि व प्रतिशत त्रुटि

प्राय: अनुमानित त्रुटि को प्रेक्षित राशि के माध्य के अंश के रूप में दर्शाना उपयोगी सिद्ध होता है ताकि सापेक्ष त्रुटि का परिमाण ज्ञात हो सके। अत: यदि माध्य मान x व अनुमानित त्रुटि Δx हो, तो

$$\text{आँशिक त्रुटि} = \frac{\Delta x}{x}$$

व

$$\text{प्रतिशत त्रुटि} = \frac{\Delta x}{x} \times 100$$

किसी मापन विशेष में त्रुटि, मात्र एक अनुमान है व इसे केवल एक ही सार्थक अंक तक ज्ञात करना पर्याप्त है।

किसी माप को पढ़ने में अधिकतम त्रुटि सामान्यत: पैमाने के दो क्रमिक मापांकों के मान का माध्य ली जाती है।

अल्पतमाँक: किसी यंत्र द्वारा मापे जा सकने वाले न्यूनतम मान को उस यंत्र का अल्पतमाँक है। पैमाना पढ़ने में अधिकतम त्रुटि अल्पतमाँक की आधी होती है।

उदाहरण 1: एक पैमाना मिलीमीटर में अंकित है। इसके द्वार एक लोलक की लम्बाई 90 सेन्टीमीटर मापी जाती है। इस मापन में प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिए।

हल: इस पैमाने द्वारा किसी निकाय के दोनों सिरों की लम्बाई मापन में संभाव्य त्रुटि 0.5 मिलीमीटर है। लम्बाई मापन (दो मापनों के अन्तर) में त्रुटि 0 से 1 मिलीमीटर के बीच हो सकती है। अत: अधिाकतम संभव त्रुटि

$$= \frac{1\text{ mm}}{90.0} \times 100 \text{ या } 0.11\% \text{ , या } 0.1\%$$

इसी प्रकार इसी पैमाने द्वारा 9 सेन्टीमीटर की लम्बाई मापन में प्रतिशत त्रुटि दस गुना यादि 1% होगी। इसी पैमाने से 4 सेन्टीमीटर या 5 सेन्टीमीटर मापन में संभाव्य त्रुटि 20 गुना यानि 2% होगी।

उदाहरण 2: एक तापमापी, जिसके पैमाने पर अंकित भागों के बीच का अन्तर 0.2^0C है, से 20.2^0C से 26.6^0C तक तापवृद्धि मापी जाती है। मापन में प्रतिशत त्रुटि ज्ञात करो।

हल: प्रत्येक मान पाठन में अनुमानित त्रुटि $0.1^{0}C$ है। तब ताप मापन में अनुमानित त्रुटि यानि इन दोनों मानों का अन्तर ($6.4^{0}C$) मापने में त्रुटि $0.2^{0}C$ है। अत: ताप वृद्धि मापन में प्रतिशत त्रुटि

$$= \frac{0.2^{o}C}{6.4^{o}C}\times 100 \text{ या } 3.1\%, \text{ या } 3\%$$

नियम स्वरूप जब दो प्रेक्षणों का योग व अन्तर लिया जाता है तो परिणाम में अनुमानित परम त्रुटि (Absolute error) विभिन्न मापनों में अनुमानित परम त्रुटि के योग के बराबर होती है।

3.3 किसी गुणन व भिन्न में प्रतिशत त्रुटि

भौतिक विज्ञान के प्रयोगों में परिणाम की गणना में, सामान्यत: एक से अधिक स्वतंत्र मापनों के परिणाम प्रयुक्त होते हैं। परिणामों का गणन कुछ निम्न प्रकार की समीकरणों पर आधारित होता है। उदाहरणार्थ

(अ) एक आयताकार निकाय का आयतन, जिसकी लम्बाई l, चौड़ाई b व ऊँचाई h है, निम्नवत् है

$$V = l \times b \times h$$

अत: आयतन मापन में प्रतिशत त्रुटि = लम्बाई (l), मापन में % त्रुटि + चौड़ाई (b) मापन में % त्रुटि + ऊँचाई (h) मापन में % त्रुटि

(ब) यदि समीकरण भिन्नात्मक हो यथा

$$\rho = \frac{m}{v}$$

जहाँ कि ρ = पदार्थ का घनत्व

m = पदार्थ का द्रव्यमान

व V = आयतन है

ρ मापन में प्रतिशत त्रुटि = m मापन में % त्रुटि + V मापने में % त्रुटि

(स) यदि किसी सूत्र में किसी राशि के उच्चतर घाताँक निहित हों, यथा, r त्रिज्या के एक गोले का आयतन

$$v = \frac{4}{3}\pi r^{3}$$

तो V में प्रतिशत त्रुटि = $3 \times r$ के मापन में % त्रुटि

(द) l लम्बाई, r त्रिज्या व R प्रतिरोध के तार के पदार्थ की प्रतिरोधकता निम्न प्रकार है।

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{R \times \pi r^2}{l}$$

तब ρ में प्रतिशत त्रुटि

= R में % त्रुटि + 2(r में प्रतिशत त्रुटि) + l में % त्रुटि

(य) यदि कोई राशि Z, A, B व C राशियों के रूप में निम्नवत सूत्रबद्ध हो

$$Z = \frac{kA^m B^n}{C^\rho}$$

जहाँ A, B,C पूर्णांक या भिन्नांक हों व k एक नियतांक हो तो

Z के मापन में प्रतिशत त्रुटि

= m (A के मापन में % त्रुटि) + n (B के मापन में % त्रुटि)

+ p (C के मापन में % त्रुटि)

प्राचल	माप	अनुमानित त्रुटि	प्रतिशत त्रुटि
प्रतिरोध (R)	1250 ओह्म	± 1 ओह्म	0.08 %
लम्बाई (l)	2.50 मीटर	± 0.01 मीटर	0.4 %
व्यास (d)	0.34 मिलीमीटर	± 0.01 मिलीमीटर	3 %

तार के पदार्थ की प्रतिरोधकता व परिणाम में अनुमानित त्रुटि ज्ञात करें।

उदाहरण 3: मान लीजिए हमारे पास तार के निम्न माप हैं।

हल: तार की त्रिज्या = $\frac{d}{2}$ = 0.17 मिलीमीटर = $\frac{0.17}{1000}$ मीटर

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{R \times \pi r^2}{l} = \frac{1250 \text{ ohm} \times \pi (0.17/1000)^2 \text{ m}}{2.50 \text{ m}}$$

= 4.54×10^{-5} ओह्म मीटर

ρ मापन में % त्रुटि = $(0.08 + 0.4 + 2 \times 3)\%$

$\approx 6.48\%$

$\approx 6\%$

ρ मापन में अनुमानित त्रुटि $= 4.54\times\frac{6.48}{100}\times10^{-5} = 0.29\times10^{-5}$ ओह्म् मीटर

अतः दशमलव के एक अंक तक परिणाम लिखने पर

$$\rho = (45 \pm 0.3)10^{-5} \text{ ओह्म मीटर}$$

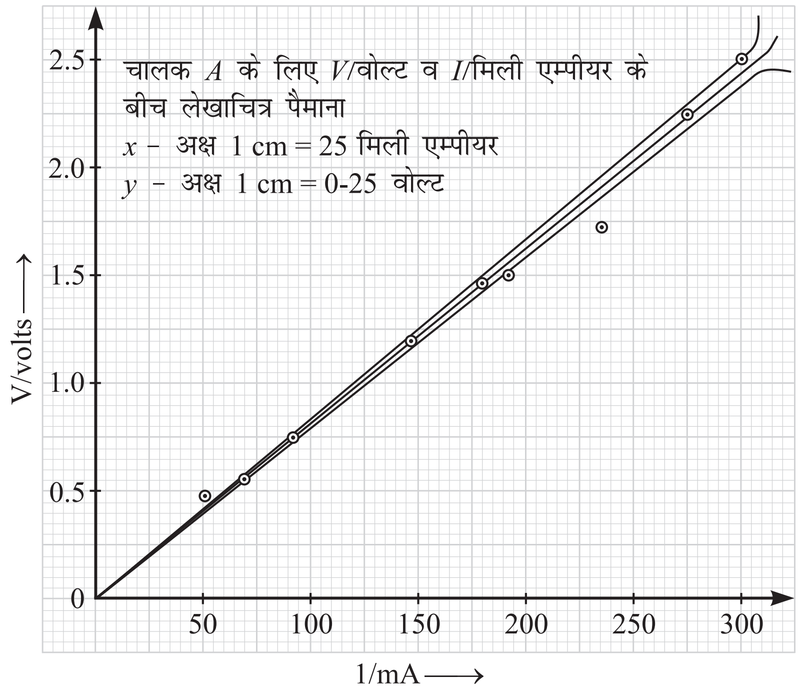
दृष्टव्य है कि यदि दशमलव के बाद के अन्तिम अंक का मान 5 से कम हो तो उसको छोड़ देते हें और पूर्ववर्त्ती अंक में कोई वृद्धि नहीं होती परन्तु यदि अन्तिम अंक 5 या उससे अधिक हो तो पूर्ववर्ती अंक में एक की वृद्धि हो जाती है।

उपरोक्त उदाहरण से स्पष्ट है कि तार के व्यास-मापन में त्रुटि सर्वाधिक (6%) महत्वपूर्ण है। यदि हम इस प्रयोग को और अधिक परिशुद्ध बनाना चाहें तो व्यास मापन को और अधिक परिशुद्ध बनाना पड़ेगा। अतः सूक्ष्मतर अल्पतमांक के पेंचमापी का प्रयोग और तार के विभिन्न स्थानों पर व्यास के कई मान निकालकर उनका माध्य लेना, अधिक सटीक आयतन निकालने की दिशा में महत्वपूर्ण कदम है। इस काम के लिए R अथवा l के मापन में सुधार अधिक उपयोगी सिद्ध नहीं होंगे।

4. प्रयोगात्मक भौतिकी में लेखाचित्र

भौतिकी की अधिकतर प्रयोगों में एक भौतिक राशि के कारण दूसरी भौतिक राशियों में होने वोल परिवर्तनों को प्रदर्शित करने वाले लेखाचित्रों की आवश्यकता पड़ती है। पहली राशि स्वतंत्र चर (independent variable) व द्वितीय राशि आश्रित चर (dependent variable) कहलाती है। उदाहरणार्थ किसी चालक में धारा I के प्रवाह के फलस्वरूप विकसित विभव V आश्रित चर है व धारा I स्वतंत्र चर है। स्वतंत्र चर को X-अक्ष व आश्रित चर को Y-अक्ष पर दर्शाया जाता है। प्रत्येक मान को लेखाचित्र (graph) में बिंदु से निरूपित किया जाता है। विन्दुओं को × या + या . से अंकित करके एक छोटे वृत्त से आवृत (.) किया जाता है। तब इन बिन्दुओं की समीपतम दूरी से गुजरती हुई एक निष्कोण रेखा खींची जाती है। बिन्दुओं को टेड़े मेड़े ढंग से नहीं मिलाया जाता क्योंकि तब यह मापन में शून्य त्रुटि दर्शायेगा जो कि संभव नहीं है।

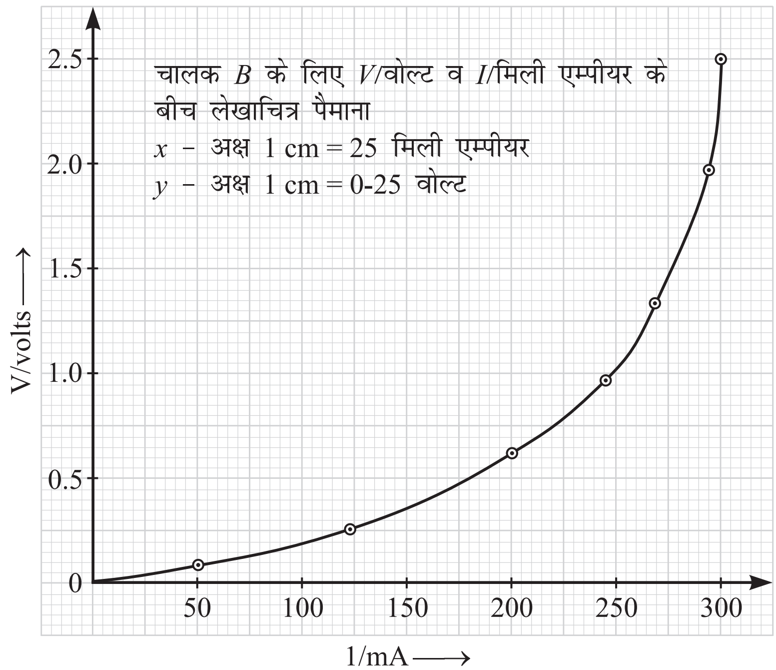
यदि लेखाचित्र मूल बिन्दु से गुजरने वाली एक सीधी रेखा हो तो चर एक दूसरे के समानुपाती होते हैं। यूरेका तार के लिये, जिसका तापक्रम प्रयोग के क्रम में नगण्य रूप से परिवर्तित होता है, V व I का लेखाचित्र एक ऐसा उदाहरण है। (चित्र 2)



चित्र 2: V व I के मध्य लेखाचित्र

$$\text{लेखाचित्र की प्रवणता} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{\text{विभव में परिवर्तन}}{\text{धारा में परिवर्तन}} = R \text{ (तार का प्रतिरोध)}$$

इस प्रकार लेखाचित्र द्वारा प्राप्त प्रवणता सभी प्रेक्षणों का औसत मान दर्शाती है। लेखाचित्र त्याज्य प्रेक्षणों की जाँच का भी अच्छा साधन है। क्योंकि त्याज्य प्रेक्षण–मान निष्कोण लेखचित्र से पर्याप्त दूरी पर होते हैं। लेखाचित्र इस प्रकार प्रवणता में अनुमानित त्रुटि ज्ञात करने में भी सहायक सिद्ध होते हैं। एक दूसरे के समीप दो रेखायें खीचें ताकि अधिकतर प्रेक्षण बिन्दु इनके मध्य अवस्थित हों। इन रेखाओं की प्रवणताओं का माध्य सर्वश्रेष्ठ (सर्वोचित्त) अनुमानित प्रवणता व इन दोनों प्रवणताओं के अन्तर का आधा इस प्रवणता में त्रुटि के अनुमानित मान को बताता है। लेखाचित्र बहुधा दो चरों के बीच सम्बन्ध को ज्ञात करने की सर्वोचित विधि है। उदाहरणार्थ, एक बल्ब के लिये V व I के बीच लेखाचित्र से विदित होता है कि V, I के अनुक्रमानुपाती नहीं है। लेखाचित्र की वक्रता दर्शाती है कि I के उच्चतर मानों के लिए V के मान अधिक शीघ्रता से बढ़ते हैं। (चित्र 3)



चित्र 3: बल्ब के लिए V व I के मध्य वक्र लेखाचित्र

प्राप्त प्रेक्षणों के बीच लेखाचित्र के लिये निम्न तथ्य ज्ञातव्य हैं:

(i) लेखाचित्र भौतिक राशियों को नहीं बल्कि संख्याओं को निरूपित करते हैं। भौतिकी में एक प्रतीक एक भौतिक राशि को एक उपयुक्त इकाई सहित प्रदर्शित करता है। उदाहरणार्थ, इस कथन को कि "धारा 1.5 एम्पीयर है' सांकेतिक रूप से "I = $1.5A$" द्वारा निरूपित किया जा सकता हैं यह कथन "धारा IA है" निरर्थक है क्योंकि I में एम्पीयर इकाई समाहित है। अत: I/A, I/mA, V/वोल्ट, या V/ मिली वोल्ट विशुद्ध संख्याऐं हैं। लेखाचित्र इन्हीं संख्याओं में निरूपित करते हैं।

(ii) दो अक्षों के लिये पैमानों के चयन में निम्न बातों का ध्यान रखना चाहिए:

(अ) पैमानों का चयन इस प्रकार किया जाय ताकि प्रेक्षण बिन्दु यथासम्भव समुचित रूप से वितरित हों। अर्थात् एक उचित पैमाने का चयन उपलब्ध आंकड़ों की संख्याओं का ध्यान रखते हुए शुरू में ही कर लेना चाहिए और यह भी तय कर लेना चाहिए कि वास्तविक मूल बिन्दु ($x = 0, y = 0$) का चयन करना है या बिन्दु (e.g. $x = 5, y = 5$) को मूल बिन्दु बनाना है।

(ब) सरल गणन के लिये सरल पैमानों का प्रयोग, यथा, $9A$ दर्शाने के लिये X अक्ष में 4 छोटे-भागों की अपेक्षा 5 छोटे भागों द्वारा 10 mA को दर्शाना अधिक उपयुक्त होगा।

(स) यदि लेखाचित्र की प्रवणता मापनी हो तो पैमाने ऐसे रखें ताकि लेखाचित्र व अक्षों के बीच 30^0 से 60^0 के बीच कोण बने।

टिप्पणियाँ

(द) दो भौतिक राशियों के बीच सम्बन्ध ज्ञात करने के लिये कम से कम दोनों राशियों के 6 या 7 युग्मों के मान लिये जाने चाहिये व स्वतन्त्र चर के मानों का फैलाव (विस्तार) यथासम्भव यन्त्र के पूर्ण परास तक होना चाहिए।

उदाहरण 4: निम्न सारणी में धारा के विभिन्न मानों के लिये दो चालकों के सिरों पर उत्पन्न वोल्टता के मान दिये गये हैं। किस चालक के लिये वोल्टता धारा के अनुक्रमानुपाती है? इस चालक का प्रतिरोध ज्ञात करो।

चालक (A)			चालक (A)		
क्रम सं.	I mA	V वोल्ट	क्रम सं.	I mA	V वोल्ट
1	0	0.00	1	0	0.00
2	50	0.45	2	50	0.90
3	100	0.75	3	80	0.15
4	130	1.00	4	120	0.20
5	150	1.20	5	160	0.35
6	150	1.45	6	200	0.60
7	200	1.55	7	240	1.00
8	240	1.70	8	260	1.30
9	90	0.55	9	280	1.70
10	270	2.15	10	290	2.00
11	300	2.45	11	300	2.50

हल: माना दोनों चालकों के लिये उपलब्ध आलेख-पत्र का माप 12 सेन्टीमीटर $\times$ 18 सेन्टीमीटर है।

चूंकि दोनों लेखा चित्रों में V एवं I के परास समान हैं, दोनों में ही हम V - अक्ष पर 20 मिलीमीटर, 0.50V प्रदर्शित करने के लिए और I -अक्ष पर 20 मिलीमीटर, 50 mA को प्रदर्शित करने के लिए अपना पैमाना मान सकते हैं। प्रेक्षणों को देखने से लगता है कि V–पैमाने के लिये आवश्यक लम्बाई 10 सेन्टीमीटर व I -पैमाने की 12 सेन्टीमीटर होना आवश्यक है। अत: हम V -अक्ष को आलेख पत्र के 12 सेन्टीमीटर व I -अक्ष को अधिक लम्बाई की ओर लेते हैं।

इन प्रेक्षण बिन्दुओं के निरूपण से विदित होता है कि चालक (A) चित्र 2 के लिये $V \propto I$ चालक B (चित्र 3) के लिये केवल I = 120 mA तक ही है तदुपरान्त $V \propto I$ के उच्चतर मानों के लिये V के मान में वृद्धि अधिक त्वरित है।

चालक (A) के लिए विभिन्न प्रेक्षण बिन्दुओं के लिये सर्वोचित रेखा की प्रवणता ज्ञात करने के लिये हम दो रेखायें *OA* व *OC* इस प्रकार लेते हैं जिससे अधिकतर प्रेक्षण बिन्दु इनके बीच में रहें। प्रेक्षण बिन्दु (240 mA, 1.70 V) सर्वाधिक उचित रेखा से अधिक विस्थापित होने के कारण त्याज्य है।

$$\text{सीधी रेखा } OA \text{ की प्रवणता} = \frac{2.45 \text{ वोल्ट}}{300 \text{ मि0 एम्पीयर}} = 8.17 \text{ ओह्म}$$

$$\text{सीधी रेखा } OC \text{ की प्रवणता} = \frac{2.30 \text{ वोल्ट}}{300 \text{ मि0 एम्पीयर}} = 7.67 \text{ ओह्म}$$

$$\therefore \text{ (अ) का प्रतिरोध} = \frac{8.17 + 7.67}{2} = 7.92 \text{ ओह्म}$$

R के मान के आकलन में अनुमानित त्रुटि

= 0.25 ओह्म

= 0.3 ओह्म (दशमलव के एक अंक तक मान ग्रहण करने पर)

अत: परिणाम इस प्रकार लिखा जा सकता है

$$R = 7.9 \pm 0.3 \text{ ओह्म}$$

4.1 वक्राकार आलेख को सरल रेखीय आलेख में रूपान्तरित करना

समस्त आलेख सरल रेखीय नहीं होते। उदाहरणार्थ बायल का नियम बताता है कि नियत तापक्रम पर गैस की एक निश्चित मात्रा के लिये दबाव इसके आयतन का व्युत्क्रमानुपाती होता है। यदि हम किसी प्रयोग में विभिन्न आयतनों के सापेक्ष दबाव का मापन करके एक लेखाचित्र खीचें तो इसके द्वारा बायल के नियम की पुष्टि कर पाना कठिन होगा।

प्राय: एक वक्र आलेख महत्वपूर्ण सूचना प्रदान करता है। लेकिन सामान्यत: एक ऋतुरेखीय आलेख से और अधिक सूचना प्राप्त होत है। अत: जब भी सम्भव हो हम उन राशियों को निदर्शित करते हैं जिनके ऋजुरेखीय आलेख प्राप्त होते हैं। उपरोक्त उदाहरण में हम यह कह सकते हें कि दाब आयतन के व्युत्क्रम का समानुपाती होता हैं इस प्रकार हम *P* को व इसके सापेक्ष *I/V* मानों के लिये एक आलेख खींच सकते हैं और यह देखते हैं कि क्या यह आलेख मूलबिन्दु से होकर जाने वाली एक ऋजुरेखा है। यदि ऐसा आलेख प्राप्त होता है तो यह उस गैस के लिये बालय के नियम की पुष्टि करता है। इस प्रकार का ऋजुरेखीय रूपान्तरण एक टार्च बल्ब के लिये *V* व *I* के बीच संभव नहीं है।

उदाहरण 5: नियम तापक्रम पर एक बन्द हवा के नमूने के लिये दाब व आयतन के बीच निम्न आँकड़े (Data) प्राप्त हुये। आलेखीय विधि से जाँच कीजिए कि क्या यह आलेख इस परिकल्पना की पुष्टि करता है कि ''दाब हवा के आयतन का व्युत्क्रमानुपाती होता है।''

V (सेन्टीमीटर³)	50	40	35	30	25	22
P (मिलीमीटर पारास्तंभ)	460	570	660	760	825	1050

हल: सर्वप्रथम हम *V-I* के मानों की गणना करते हैं व आकड़ों (Data) को निम्नवत लिखते हैं।

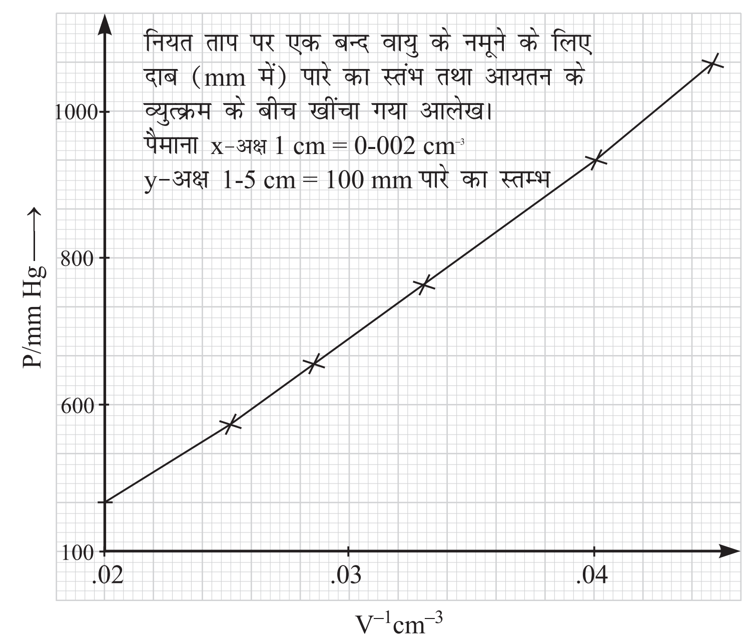
1/V (सेन्टीमीटर³)	0.02	0.0250	0.2860	0.333	0.0400	0.0454
P (मिलीमीटर पारास्तंभ)	460	570	660	760	825	1050

1/V (सेन्टीमीटर³) के मानों का परास *X* = 0.0200 से 0.0454 तक है।

P (मिलीमीटर पारास्तंभ) के मानों का परास *Y* = 460 से 1050 तक है।

अत: एक समुचित सुविस्तृत आलेख प्राप्त करने के लिये एक विस्थापित मूल बिन्दु ($X = 0.02, Y = 450$) का चयन किया जा सकता है। लेकिन इस बात की भी जाँच करनी है कि क्या हमें ऋजुरेखीय आलेख प्राप्त होता है यदि हाँ तो क्या यह मूल बिन्दु से होकर गुजरता है। अत: *X* का परास 0 से 0.0454 व *Y* का परास 0 से 1050 है। यदि आलेख पत्र की विमाएँ 18 सेन्टीमीटर × 24 सेन्टीमीटर हो, व *X* –अक्ष में 5 सेन्टीमीटर 0.01 व *Y* –अक्ष में 3 सेन्टीमीटर 200 दर्शाता हो तो *X* –अक्ष की लम्बाई 23 सेन्टीमीटर व *Y* –अक्ष की लम्बाई 16 सेन्टीमीटर आवश्यक होगी जो कि दिये गये आलेख पत्र की सीमा में है।

न्यास बिन्दुओं के आलेखीय निरूपण से पता चलता है कि बिन्दुओं की अवस्थिति ऋजुरेखीय है जो कि मूलबिन्दु ($X = 0, Y = 0$) से होकर जाती है। अत: वायु के लिये इस परिकल्पना की पुष्टि होती है।



चित्र 4

4.2 कौन सा चर स्वतंत्र है?

उपरोक्त विवेचन में हमने धारा I को V व I के बीच सम्बन्ध का अध्ययन करने के लिये स्वतंत्र चर माना था। प्रयोग के वास्तविक क्रियान्वयन में स्वतंत्र चर का चयन बहुधा ऐच्छिक होता है। अतः एक चालक में एक निश्चित मात्रा की धारा के प्रवाहित होने से उत्पन्न हुए विभव (वोल्टेज) के स्थान पर एक निश्चित वोल्टेज लगाने से उत्पन्न धारा का मान ज्ञात कर सकते हैं इसी प्रकार एक निश्चित ताप पर यह P व V के बीच के सम्बन्ध में भी लागू हो सकता है।

आलेखन के लिये भी स्वतंत्र चर का चयन प्रायः ऐच्छिक रहता है। सर्वाधिक महत्वपूर्ण बात दो चरों के लिये पैमानों का चयन है ताकि आलेख पत्र का अधिकतम भाग उपयोग में लाया जा सके। आप सुविधानुसार आलेख पत्र की लम्बाई या चौड़ाई को क्षैतिज अक्ष के रूप में प्रयोग कर सकते हैं।

5. भौतिकी में गणना के लिये लघुगणकों का प्रयोग

प्रेक्षित आकड़ों से अन्तिम परिणाम प्राप्त करने के लिये की गयी गणनाओं में गुणा या भाग का समावेश रहता है। इस प्रकार की गणनाओं को लघुगणकों की सहायता से अधिक शीघ्रता से व कम त्रुटियों के साथ किया जा सकता है।

किसी अंक का लघुगणक ज्ञात करने के लिये आप एक चार अंकों की लघुगणकीय-सारणी का प्रयोग करते हैं। किसी अंक के लघुगणक में दो भाग होते हैं। पूर्णांक भाव व दशमलव भाग पूर्णांक भाग को कैरक्टरिस्टिक (अभिलाक्षणिक) व दशमलव भाग को मेंटिसा (अपूर्णांश) कहते हैं। जहाँ अपूर्णांश (Mantissa) का मान धनात्मक, पूर्णांक ऋणात्मक पूर्णांक या शून्य हो सकता है।

आप लघुगणकीय सारणी को देखने पर पायेंगे कि 90 से लेकर 99 तक के प्रत्येक अंक के समक्ष चार अंक पंक्तियों में व्यवस्थित हैं। ये चार अंक ही प्रत्येक स्थिति में लघुगणक के अपूर्णांक को दर्शाते हैं।

1 से 10 के बीच किसी संख्या का लघुगणक के अभिलाक्षणिक का मान शून्य होता है। 10 से बड़ी किसी संख्या के लिये अभिलाक्षणिक का मान एक धनात्मक पूर्णांक है जो कि दशमलव के बाँई ओर अंकों की संख्या से एक कम है। एक से कम किसी संख्या के लिये अभिलाक्षणिक का मान ऋणात्मक होता है व इसका मान दशमलव के बाद शून्यांकों की संख्याओं से एक अधिक होता है। इस प्रकार

7,47,300 का अभिलाक्षणिक 5 है।

7,473 का अभिलाक्षणिक 3 है।

74.73 का अभिलाक्षणिक 1 है।

7.473 का अभिलाक्षणिक 0 है।

0.7473 का अभिलाक्षणिक –1 या $\bar{1}$ (एक बार) है।

0.07473 का अभिलाक्षणिक –2 या $\bar{2}$ है।

0.007473 का अभिलाक्षणिक 3 या $\bar{3}$ है।

उदाहरण 6: 7.4 का लघुगणक ज्ञात कीजिए।

हल: अंक 74 के सामने स्तम्भ में अपूर्णांश 8682 है

7.4 का अभिलाक्षणिक शून्य है। अत: लघुगणक 7.4 = 0.8682

उदाहरण 7: 74.7 का लघुगणक ज्ञात कीजिए।

हल: सर्वप्रथम हम सारणी के बाँये भाग में 74 अंक देखते हैं। फिर क्षैतिज दिशा में 7 के नीचे का अंक देखते हैं। इस प्रकार हमें पूर्णांश प्राप्त होता है जिसका मान 8733 है। अभिलाक्षणिक का मान 1 है। अत: लघुगणक 74.7 = 1.8733

उदाहरण 8: लघुगणक 0.07473 का मान ज्ञात कीजिए।

हल: इसमें 4 अंक निहित हैं। चार अंकों की स्थिति में सारणी में बाँयी ओर स्थित माध्य अन्तर स्तम्भ का प्रयोग आवश्यक है।

747 का अपूर्णांश	= 0.8733
चौथी संख्या 3 के लिये माध्य अन्तर	= 2
7473 का अपूर्णांश	= 0.8735
∴ लघुगणक 0.07473	= 2.8735

5.1 प्रतिलघुगणक

दिये गये किसी लघुगणक के तुल्य संख्या का मान प्रतिलघुगणक सारणी के प्रयोग से प्राप्त किया जा सकता है। सर्वप्रथम हम अपूर्णांश का प्रयोग करके वांछित संख्या के अंक प्राप्त करते हैं। तदुपरान्त अभिलाक्षणिक की सहायता से दशमलव का स्थान निर्धारण किया जाता है।

उदाहरण 9: वह संख्या ज्ञात कीजिए जिसका लघुगणक 2.6057 हो।

हल : अपूर्णांश के प्रथम तीन अंकों के लिये

प्रतिलघुगणक 0.605	= 4027
अपूर्णांश के चौथे अंक 7 के लिये माध्य अन्तर	= 7
	= 4034

अतः वह संख्या जिसका प्रतिलघुगणक 2.6057 है

403.4 हुई

इसी प्रकार

वह संख्या जिसका लघुगणक 06057 है

8.034 हुई

वह संख्या जिसका लघुगणक 2.6057 है

0.04038 हुई

वह संख्या जिसका लघुगणक 9.6057 है

0.4034 हुई

5.2 गुणन

दो या दो से अधिक संख्याओं के गुणनफल का मान ज्ञात करने के लिये संख्याओं के लघुगणकों का योग कीजिए। यह योग ही संख्याओं के गुणनफल का लघुगणक हुआ। लघुगणकों के योग में यह सावधानी बरतनी है कि अपूर्णांश हमेशा धनात्मक रहे। केवल दशमलव बिन्दु के बाँयी ओर अभिलाक्षणिक ही धनात्मक या ऋणात्मक हो सकता है। वस्तुतः इस रूपान्तरण से लघुगणकों का योग सरल हो जाता है क्योंकि अपूर्णांश के चारों अंकों को धनात्मक अंकों की भाँति जाड़ा जाता है। जब अभिलाक्षणिक में योग के लिये हमारे पास कुछ धनात्मक व ऋणात्मक पूर्णांश ही शेष रह जाते हैं।

उदाहरण 10: $47.45 \times 0.006834 \times 1063$ का मान ज्ञात कीजिए।

हलः

लघुगणक 47.45 = 1.6767

लघुगणक 0.006834 = 3.8347

लघुगणक 1063 = 3.0265

लघुगणक (गुणन) = 2.5379

प्रतिलघुगणक लेने पर

∴ गुणनफल = 838.8

5.3 विभाजन

गुणनफल ज्ञात करने के लिये जहाँ लघुगणकों का योग किया जाता है उसी भाँति विभाजन के लिये विभाज्य संख्या के लघुगणक से विभाजक संख्या के लघुगणक को घटाया जाता है। यह अन्तर ही भिन्नात्मक संख्या का लघुगणक होता है।

उदाहरण 11: 0.4889 ÷ 256.8 का मान ज्ञात कीजिए।

हल:

लघुगणक 0.4889 = 1.6894

लघुगणक 256.8 = 2.4086

लघुगणक (भिन्न) = 3.2798

प्रतिलघुगणक लेने पर

∴ भिन्न = 0.001905

दृष्टव्य है कि धनात्मक व ऋणात्मक पूर्णांकों की भाँति अभिलाक्षणिक 1 में अभिलाक्षणिक 2 घटाने पर हमें अभिलाक्षणिक का मान 3 प्राप्त होता है।

उदाहरण 12: निम्न का मान ज्ञात कीजिए।

$$\frac{51-32\times0-04971\times1-021}{69-84\times42-98\times3-982}$$

हल:

लघुगणक 51.32 = 1.7103	लघुगणक 69.84 = 1.8449
लघुगणक 0.04971= 2.6965	लघुगणक 42.98 = 1.6333
लघुगणक 1.029 = 0.0090	लघुगणक 3.142 = 0.4972
लघुगणक (अंश) = 0.4158	लघुगणक (हर) = 3.9746

अतः परिणामी लघुगणक = 0.4158

− 3.9746

= 4.4412

प्रति लघुगणक लेने पर

∴ परिणाम = 0.0006446

दृष्टव्य है कि अंश से हर को घटाने पर अपूर्णांश का धनात्मक माना जाता है। 9 को 3 से घटाने के लिये हम शून्य अभिलाक्षणिक से 1 प्राप्त करके इसे $\bar{1}$ बना देते हैं; तब 13 − 9 = 4 (दशमलव बिन्दु के बाद का प्रथम अंक)

6. कुछ सामान्य यंत्रों के पाठ्यांक लेने में सावधानियाँ

किसी यंत्र द्वारा मापन में आप इसमें प्रयुक्त पैमाने की सहायता से किसी वस्तु की अन्तिम स्थिति, या तल या संकेतक की स्थिति आदि ज्ञात करते हैं। उदाहरणार्थ

टिप्पणियाँ

(अ) आप तापमापी के पैमाने में पारे के स्तम्भ की ऊपरी सतह देखते हैं।

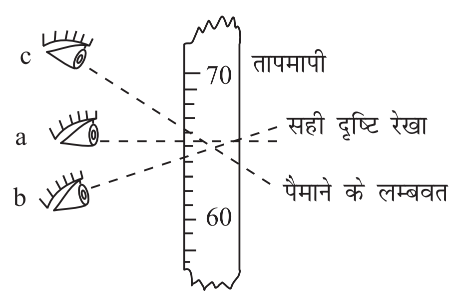
(ब) बुनाई की सलाई की लम्बाई ज्ञात करने के लिये आप मीटर पैमाने में इसके नोकों की स्थिति देखते हैं।

(स) अंशांकित बेलनाकार धारक के पैमाने में पानी के तल को देखकर आप इसका आयतन पता कर सकते हैं।

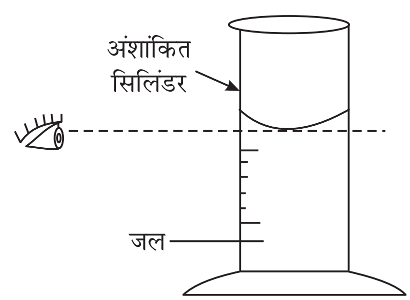
(द) यदि आप के पास एक अमीटर, या एक वोल्टमीटर, या एक वोल्टमीटर या धारामापी या एक मल्टीमीटर (Multimeter) या एक विराम घड़ी है तो आप उसके वृत्ताकार पैमाने में संकेतक की स्थिति पढ़ते हैं।

इन सभी स्थितियों में सामान्यत: बरती जाने वाली सावधानी यह है कि **आपकी दृष्टि यंत्र के पैमाने के लम्बवत हो ताकि (लंबन) त्रुटि का निराकरण किया जा सके**। इसके लिये एक आँख बन्द करके दूसरी आँख से पढ़ने का थोड़ा अभ्यास चाहिये। तब आँख मापे जाने वाले बिन्दु से मिलाने वाली रेखा पैमाने के लम्बवत रखी जाती है।

चित्र (5) के संदर्भ में यदि तापमापी का पाठ्यांक स्थिति (अ) में लिया जाय तो इसका मान 65^{0}C प्राप्त होगा और (ब) या (स) स्थितियों में क्रमश: 68^{0}C या 66^{0}C प्राप्त होगा। इसका कारण तापमापी का बाह्य भाग में अंशांकित होना व आन्तरिक भाग में पारद तन्तु का अवस्थित होना है। ये दोनों कदापि सम्पाती नहीं हो सकते हैं।

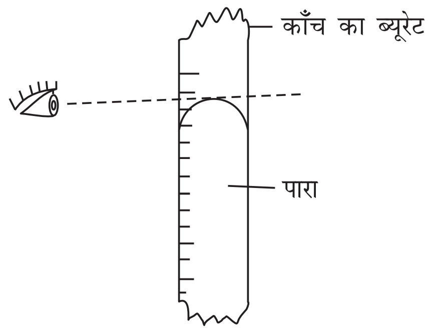


चित्र 5: सही दृष्टि रेखा



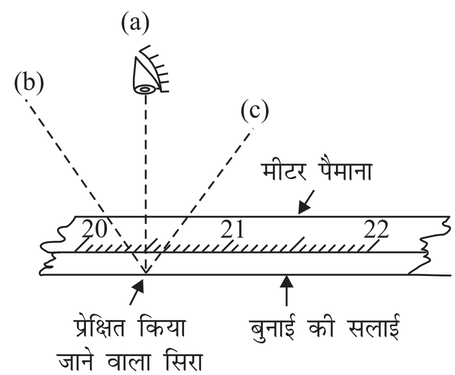
चित्र 6: मापक ज़ार में द्रव तल

चित्र (6) के संदर्भ में, एक मापक जार (jar) या ब्यूरेट में द्रव का तल कभी भी समतल नहीं हो सकता। यह तल जल व अन्य अनेक द्रवों के लिये ऊपर से देखने पर अवतल है। तल के केन्द्र का पाठ्याँक लिया जाना है। परिसीमा से नीचे होने के कारण इसे निचला अर्धेन्दु (Lower Meniscus) कहा जाता है। पाठ्याँक ज्ञात करने के लिये आपका दृष्टिपथ क्षैतिज व बेलनकार धारक की लम्बाई ऊर्ध्वाधर होनी चाहिए। यदि बेलनाकार धारक बाँयी ओर को झुका हो तो कम व यदि दाँई ओर झुका हो तो पाठ्याँक अधिक आयेगा। इसी प्रकार यदि काँच के ब्यूरेट में पारा भरा हो या विशेष प्लास्टिक के बर्तन में पानी भरा हो तो तल अवतल होता है।



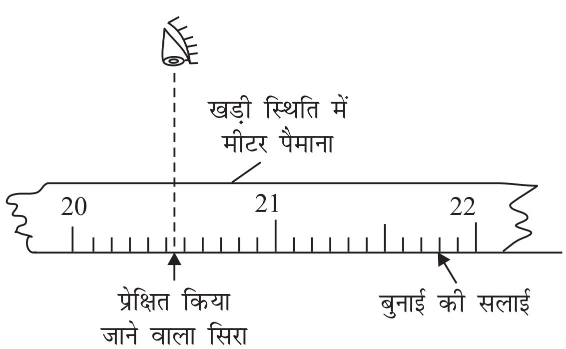
चित्र 7: एक धारक में पारे का तल

आप ऊपरी अर्धेन्दु (Upper meniscus) इस सतह के केन्द्र की स्थिति प्राप्त करना चाहते हैं। बुनाई की सलाई के सिरों की स्थिति मीटर पैमाने से पता करने के लिये पुन: दृष्टिपथ को पैमाने के लम्बवत रखने की आवश्यकता है। (चित्र 8) में (अ) स्थिति में सही व (ब) व (स) स्थितियों में त्रुटिपूर्ण पाठ्यांक प्राप्त होंगे, पैमाने की धार जितनी पतली होगी त्रुटि उतनी ही कम होगी। अत: 30 सेन्टीमीटर के पैमानों में धार काफी पतली बनाई जाती है।



चित्र 8: मीटर पैमाने पर पाठ्यांक लेना

मीटर पैमाने के प्रयोग की अधिक अच्छी विधि पैमाने की मोटी धार में पैमाने को खड़ा करना है (चित्र 9)। इस स्थिति में प्रेक्षव्य अन्त्य भाग अंशाकन के अति समीप होता है और इस प्रकार आपका पथ पैमाने के लम्बवत नहीं होने पर भी लंबन त्रुटि कम हो जाती है। कुछ सीमा तक अंशांकन स्वयं दिक्‌दर्शक का कार्य करता है जिससे आप अपनी आँख को उचित स्थिति में व्यवस्थित कर सकते हैं।



चित्र 9: खड़ी स्थिति में मीटर पैमाना

एक विराम घड़ी या एक धारामापी में संकेतक पैमाने से थोड़ा ऊपर चलायमान है। अपनी आँखों के प्रतिबिम्ब, जो कि यंत्र के अगले शीशे में दिखायी पड़ता है, की सहायता से आप अपने दृष्टिपथ को पैमाने के ऊर्ध्वाधर व्यवस्थित कर सकते हैं। अच्छे विद्युत उपकरणों में पैमाने के साथ एक दर्पण पट्टिका लगी रहती है जिसमें आप संकेतक का प्रतिबिम्ब देख सकते हें।

प्रेक्षण के लिए संकेतक को उसके बिम्ब के सम्पाती बनाया जाता है व इस प्रकार सही पाठ्यांक प्राप्त हो जाता है।

7. भौतिक प्रयोगशाला में सुरक्षा सम्बंधी सावधानियाँ

भौतिक प्रयोगशाला में लापरवाही से दुर्घटना हो सकती है जिससे आप या आपके साथी प्रयोगकर्ता को क्षति पहुँच सकती है। कुछ यत्र काफी कीमती होते हैं जिनके दुर्घटनावश क्षतिग्रस्त होने से सम्पर्ण कक्षा का कार्य ठप हो सकता है। उपकरणों व अन्य सामग्रियों के समुचित प्रयोग से दुर्घटनाओं को रोका जा सकता है। इस संदर्भ में भौतिक प्रयोगशाला में निम्न बातें जानने व करने योग्य हैं:

(i) बर्नर की ज्वाला बुझाने के लिये गैस बन्द कर दें। इसके लिये किसी ठोस या द्रव का प्रयोग न करें जैसे एक टोपी रख देना या जल का प्रयोग जैसा कि अग्निशमन में किया जाता है।

(ii) सिंक में टूटे काँच के उपकरणों को न डालें। इस प्रकार की सामग्री को कूड़ेदान में ही डालें।

(iii) प्रयोगशाला में प्रयोग करते समय अन्य लोगों से वार्तालाप न करें। यदि आपको कोई कठिनाई हो तो अपने शिक्षक से संपर्क करें। वस्तुत: यदि दो या तीन छात्र एक ही उपकरण का प्रयोग करते हुए एक ही प्रयोग कर रहें हों तो आपस में शंका समाध ान किया जा सकता है। दल के प्रत्येक सदस्य को बारी-बारी से प्रेक्षण लेने चाहिये।

(iv) कभी भी किसी तार में धारा प्रवाह का परीक्षण करने हेतु उसे स्पर्श न करें। उचित परास के वोल्टमापी या परीक्षक पेचकस (tester) का प्रयोग करें।

(v) धारदार यंत्रों जैसे झिरी बनाने के लिये प्रयुक्त ब्लेड युग्म आदि को सावधानी पूर्वक प्रयोग करें ताकि आपकी त्वचा क्षतिग्रस्त न हो।

(vi) संवेदनशील उपकरणों जैसे धारामापी आदि के प्रयोग में इस बात का पूर्ण ध्यान रखा जाय कि उसमें अधिक धारा प्रवाहित न हो अन्यथा उपकरण जल सकता है। प्रारम्भ में शून्य बिन्दु ज्ञात करने के लिये उच्च श्रेणी प्रतिरोध का प्रयोग करें। जब आप शून्य बिन्दु के समीप पहुँचते हैं तो उस स्थिति में प्रतिरोध हटाकर यंत्र को संवेदनशील बनायें तथा शून्य बिन्दु का सूक्ष्म समायोजन करें।

(vii) यदि जल किसी प्रयोग का ही अंग न हो तो यह सावधानी बरतें कि उपकरण गीले न हों।

कटना व जलना

- टूटे हुए काँच या किसी धारदार किनारे से कटने पर घाव से काँच के टुकड़े को निकालें। एक साफ कपड़े या रूमाल के प्रयोग से रक्त प्रवाह नियंत्रित करें व मरहम पट्टी करें इसके लिये थोड़े से डेटाल, स्प्रिट, बर्नोल या सेवलान का प्रयोग करें व इसे एक साफ कपड़े की मिट्टी से ढक दें।
- गरम वस्तु के छूने या जलने के फलस्वरूप बने घावों की स्थिति में जले हुए हिस्से को 15 से 30 मिनट तक ठंडे पानी के अंदर रखें व तदोपरान्त बर्नोल लगायें।

8. प्रयोग पुस्तिका तैयार करना

अब आप अवश्य ही प्रयोगों को लिखने के लिए प्रयोग पुस्तिका तैयार करने के विषय में जानना चाहेंगे। सम्भवतया प्रयोग करने में आपने इस मेनुअल में दिये गये पदों का अनुकरण किया होगा। कुछ विशिष्ट परिस्थितियों में आपने इस पुस्तिका में वर्णित विधि की सहायता से भिन्न प्रकार से प्रयोग किये होंगे जिसके लिये आपके अनुशिक्षक ने आपका मार्गदर्शन किया होगा। प्रयोग पुस्तिका में प्रयोग लिखने के लिये आप निम्न प्रारूप का प्रयोग कर सकते हैं

- प्रयोग का उद्देश्य
- प्रयोग में उपयोगी यन्त्र व सामग्री
- प्रयोग विधि यदि यह इस पुस्तिका में वर्णित विधि से भिन्न हो।
- प्रयोग करते समय लिये गये प्रेक्षण
- प्रेक्षणोपरान्त की गई गणनाऐं
- प्रेक्षणों व गणनाओं के फलस्वरूप प्राप्त परिणाम
- प्रयोग करते समय अपनायी गई सावधानियाँ

प्रयोगात्मक परीक्षा की योजना

अवधिः 3 घन्टे

भौतिकी की सैद्धान्तिक परीक्षा के साथ 20 अंकों की प्रयोगात्मक परीक्षा होगी। 20 अंकों का बंटन निम्नवत है।

(i) मौखिक परीक्षा	3 अंक
(ii) अभिलेख पुस्तिका (प्रेक्षण पुस्तिका)	3 अंक
(iii) विभिन्न समूहों से 7-7 अंकों के दो प्रयोग	14 अंक

प्रयोग-1

वर्नियर कैलिपर्स द्वारा किसी बेलनाकार धारक (टिन केन, ऊष्मामापी) के आन्तरिक व्यास व गहराई का मापन करके इसकी धारिता ज्ञात कीजिए व एक अंशाकित बेलनाकार धारक का प्रयोग करके परिणाम की पुष्टि कीजिए।

1.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के उपरान्त आप:

- वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमाँक व शून्य त्रुटि निर्धारण कर सकेंगे;
- अंशांकित बेलनाकार धारक के अल्पतमांक का निर्धारण कर सकेंगे;
- वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से एक बेलनाकार धारक का आन्तरिक व्यास व गहराई माप सकेंगे; तथा
- एक अंशांकित बेलनाकार धारक द्वारा दूसरे बेलनाकार धारक की धारिता ज्ञात कर पायेंगे।

1.2 आवश्यक पूर्व-ज्ञान

जैसा कि आप जानते हैं कि बेलन का आयतन निम्न प्रकार से सूत्रबद्ध किया जाता है,

$$V = \pi r^2 h = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 h = \frac{1}{4}\pi d^2 h$$

जहाँ d = बेलन का आन्तरिक व्यास,

r = बेलन की आन्तरिक त्रिज्या, तथा

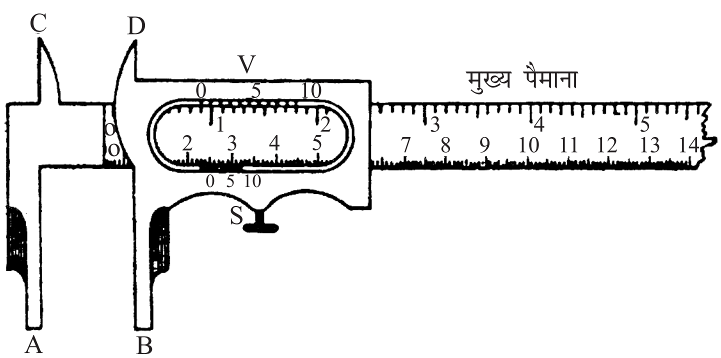
h = बेलन की गहराई

आवश्यक सामग्री

एक वर्नियर कैलिपर्स, एक ऊष्मामापी या बेलनाकार धारक (बर्तन) एक अंशाकित बेलन, एक काँच की पट्टिका।

1.3 प्रयोग का समायोजन

आपने वर्नियर कैलिपर्स के विषय में अध्ययन किया होगा। इसमें कैलिपर्स के एक जोड़े के साथ एक मुख्य व एक वर्नियर पैमाने की व्यवस्था होती है। यंत्र के (A व B) दो जबड़े होते हैं। वर्नियर पैमाना, जो B के साथ जुड़ा होता है, मुख्य पैमाने के ऊपर सरलतापूर्वक फिसल सकता है। वर्नियर पैमाने का अंशांकन इस प्रकार किया जाता है जिससे कि वर्नियर कैलिपर्स के कुछ भाग मान लीजिए 10 भाग, मुख्य पैमाने के 9 भागों पर सम्पाती हों। मुख्य पैमाने के एक भाग व वर्नियर पैमाने के एक भाग का अन्तर वर्नियर नियताँक कहलाता है जो इस यंत्र का अल्पतमांक भी कहा जाता है।



चित्र 1.1: वर्नियर कैलिपर्स

1.4 प्रयोग विधि

(अ) अल्पतमांक या वर्नियर नियतांक का मान ज्ञात करना

(i) ध्यान देने योग्य है कि वर्नियर पैमाने के भाग मुख्य पैमाने के भागों से छोटे हैं। मुख्य पैमाने के एक भाग व वर्नियर पैमाने के एक भाग का अन्तर वर्नियर नियतांक या अल्पतमांक कहलाता है।

(ii) वर्नियर पैमाने के उन भागों की संख्या (n) नोट करो जो मुख्य पैमाने के एक कम भागों ($n-1$) से ठीक-ठीक मिलते हों।

(iii) अब निम्न प्रकार अल्पतमांक ज्ञात करें

$$\text{वर्नियर पैमाने का एक भाग} = \text{मुख्य पौमने का } \frac{n-1}{n} \text{ भाग}$$

$$- \text{ वर्नियर पैमाने के एक भाग का मान}$$

$$= \text{मुख्य पैमाने के एक भाग का मान}$$

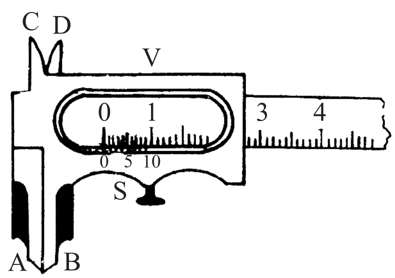
$$- \text{ मुख्य पौमने का } \frac{n-1}{n} \text{ भाग का मान}$$

$$= \text{मुख्य पैमने का } \left(1 - \frac{n-1}{n}\right) \text{वां भाग}$$

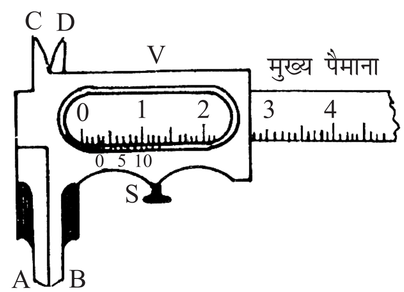
$$= \text{मुख्य पैमाने का } 1/n \text{ वां भाग}$$

(ब) वर्नियर पैमाने की शून्यांक त्रुटि ज्ञात करना

(iv) यदि वर्नियर कैलिपर्स के जबड़ों को मिलाने पर मुख्य पैमाने पर अंकित शून्य वर्नियर पैमाने पर अंकित शून्य पर सम्पाती न हो तो उपकरण में शून्यांक-त्रुटि होती है। यदि वर्नियर पैमाने का शून्यांक मुख्य पैमाने के शून्यांक के बाँयी ओर हो तो उपकरण में ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि होती है जैसा कि चित्र 1.2 (अ) में दिखाया गया है और यदि वर्नियर पैमाने का शून्यांक मुख्य पैमाने के शून्यांक के दाँई ओर हो तो धनात्मक शून्यांक त्रुटि होती है। चित्र 1.2 (ब)



चित्र 1.2 (अ): ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि



चित्र 1.2 (ब): धनात्मक शून्यांक त्रुटि

(v) यदि उपकरण में शून्यांक त्रुटि हो तो दोनों जबड़े मिलाकर यह देखें कि वर्नियर पैमाने का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के किसी भी भाग पर सम्पाती है। धनात्मक शून्यांक त्रुटि होने पर शून्यांक त्रुटि का मान वर्नियर पैमाने के मुख्य पैमाने पर सम्पाती भाग व वर्नियर पैमाने के अल्पतमांक के गुणनफल के बराबर होता है। ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि होने पर वर्नियर पैमाने के अन्त से पीछे की ओर सम्पाती भाग देखा जाता है।

(vi) यह भी सम्भव है कि वर्नियर पैमाने का कोई भी भाग मुख्य पैमाने के किसी भाग पर सम्पाती न हो। ऐसी स्थिति में वर्नियर पैमाने का जो भी भाग ज्यादा निकट रूप से मुख्य पैमाने के किसी भाग से मिलता है उसे लिया जाता है।

(स) वर्नियर पैमाने पर शून्यांक त्रुटि संशोधन ज्ञात करना

(vii) यह शून्यांक त्रुटि का ऋणात्मक है, अर्थात्

शून्यांक त्रुटि संशोधन = – (शून्यांक त्रुटि)

शून्यांक त्रुटि संशोधन को बीजगणितीय रूप से प्रेक्षित मान में जोड़ने पर संशोधित मान प्राप्त होता है।

(द) आन्तरिक व्यास का मान ज्ञात करना

(viii) (चित्र) 1 की भाँति वर्नियर कैलिपर्स के ऊपरी जबड़ों को ऊष्मामापी के अन्दर समायोजित करें। ऊपरी जबड़े ऊष्मामापी को सुदृढ़ रूप से स्पर्श करने चाहिये। इस प्रकार आन्तरिक व्यास प्राप्त किया जा सकता है।

(ix) वर्नियर पैमाने के शून्य के ठीक पूर्ववर्ती मुख्य पैमाने का मान ज्ञात करें और यह ज्ञात करें कि वर्नियर पैमाने का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के किसी भी भाग से मिलता है।

(x) ऊष्मामापी के पूर्णतया बेलनाकार न होने की सम्भावना होने के कारण पिछले प्रेक्षण से लम्बवत समायोजन करके उसी स्थान पर एक और प्रेक्षण लेना चाहिये।

(xi) प्रेक्षण युग्मों की पुनरावृत्ति कम से कम तीन बार करें व उन्हें सारणी में अंकित करें।

(स) गहराई मापन

(xi) अब वर्नियर कैलिपर्स के किनारे को एक काँच पट्टिका में रखिये व इसके गहराई मापक पैमाने (केन्द्रीय चल पट्टिका) को इस भाँति व्यवस्थित कीजिए कि यह भी अच्छी तरह से काँच पट्टिका को स्पर्श करे। तब गहराई मापक की शून्यांक त्रुटि पूर्व वर्णित विधि के अनुसार ज्ञात कीजिए।

(xii) अगले चरण में वर्नियर कैलिपर्स के सिरे को ऊष्मामापी के ऊपरी सिरे (किनारे) पर टिका कर इस प्रकार रखिये कि गहराई मापक का सिरा आन्तरिक तल को स्पर्श करे। इस प्रकार ऊष्मामापी की प्रेक्षित गहराई का मान प्राप्त हो जायेगा। इसमें शून्यांक त्रुटि संशोधन करने पर गहराई का संशोधित माप प्राप्त हो जायेगा।

सत्यापन

(xiv) वर्नियर कैलिपर्स द्वारा मापी गई ऊष्मामापी की धारिता के सत्यापन के लिये इसे जल से पूर्णरूपेण भरें। उसके बाद इस जल का आयतन ज्ञात करने के लिये इसे एक खाली अंशाकित बेलनाकार बर्तन में उड़ेलें। इस प्रकार प्रयोग द्वारा निकाले गये आयतन व वास्तविक आयतन का मान प्राप्त हो जायेगा जिससे दोनों मानों की तुलना की जा सकती है।

1.5 प्रेक्षण

मुख्य पैमाने का एक भाग	= .... mm
वर्नियर पैमन के .... भाग	= मुख्य पैमाने के .... भाग
वर्नियर पैमाने का एक भाग	= मुख्य पैमाने का .... भाग
अल्पतमांक	= मुख्य पैमाने के एक भाग का मान
	– वर्नियर पैमाने के एक भाग का मान

टिप्पणियाँ

= .... mm

= .... cm

व्यास मापन में शून्यांक त्रुटि = (1) .... (2) ....

(3) ....

माध्य शून्याँक त्रुटि = ... cm

माध्य शून्याँक संशोधन = – (माध्य शून्याँक त्रुटि) = ... cm

सारणी 1.1: ऊष्मामापी का आन्तरिक व्यास ज्ञात करने के लिये

क्रम सं.	मुख्य पैमाने का पाठ्यांक (y)	वर्नियर पैमाने का सम्पाती भाग (n)	वर्नियर का पाठ्यांक x = n × अलपतामंक	प्रेक्षित मान = y + x
1 (a)				
(b)				
2 (a)				
(b)				
3 (a)				
(b)				

प्रेक्षित मान का माध्य = ...

d = औसत संशेधित व्यास = ...

गहराई मापन में शून्यांक त्रुटि

शून्यांक त्रुटि = (1) .... (2) .... (3) ....

औसत शून्याँक त्रुटि = ... cm

शून्याँक संशोधन का मान = – (शून्याँक त्रुटि का माध्य) = ... cm

सारणी 9.2: ऊष्मामापी की गहराई (h) मापन के लिए

क्रम सं.	मुख्य पैमाने का पाठ्यांक *(y)*	वर्नियर पैमाने का सम्पाती भाग *(n)*	वर्नियर का पाठ्यांक $x = n \times$ *अलपतामंक*	प्रेक्षित मान $= y + x$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

प्रेक्षित गहराई का औसत मान = ...

h = औसत संशेधित गहराई = ...

1.6 परिणाम व विवेचन

बेलन का आन्तरिक आयतन $= \frac{1}{4}\pi^2 dh$

$= \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

$= \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

सत्यापन

अंशांकित बेलनाकार धारक द्वारा मापा गया ऊष्मामापी का आयतन = ...

1.7 त्रुटि के स्रोत

(i) हो सकता है कि वर्नियर पैमाने का कोई भाग मुख्य पैमाने के किसी भी भाग पर पूर्णतया संपाती न हो।

(ii) वर्नियर पैमाना ढीला हो सकता है, या हो सकता है कि यह समान रूप से अंशांकित न हो, या वर्नियर पैमाने के जबड़े इसके मुख्य पैमाने के लम्बवत न हों। सस्ते उपकरणों में प्राय: ये त्रुटियाँ पायी जाती हैं

1.8 देखें आपने क्या सीखा

(i) वर्नियर पैमाना क्या है और इसे इस नाम से क्यों जाना जाता है?

....

(ii) वर्नियर नियताँ का क्या अर्थ है?

....

(iii) यदि वर्नियर पैमाने का शून्य मुख्य पैमाने के शून्य के बाँयी ओर हो तो शून्याँक त्रुटि कैसी होगी धनात्मक या ऋणात्मक?

....

(iv) शून्यांक त्रुटि का निर्धारण कैसे किया जाता है?

....

(v) वर्नियर पैमाने का क्या लाभ है?

....

(vi) यदि शून्यांक त्रुटि -0.03 cm हो तो शून्याँक संशोधन का मान क्या होगा?

....

(vii) आप वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से खोखले बेलन के तल की मोटाई कैसे माप सकते हैं।

....

प्रयोग–2

पेंचमापी द्वारा किसी दिए गए तार का व्यास ज्ञात करना ।

2.1 उद्देश्य

प्रयोग करने के उपरान्त आप:

- पेंचमापी का अल्पतमांक ज्ञात कर सकेंगे;
- पेंचमापी की शून्यांक त्रुटि ज्ञात कर सकेंगे;
- पेंचमापी द्वारा एक तार का व्यास ज्ञात कर सकेंगे;

आवश्यक सामग्री

तार एवं पेंचमापी

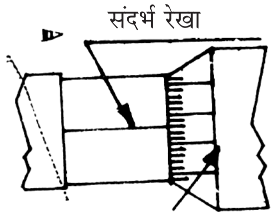
2.2 आवश्यक पूर्वज्ञान

(i) **चूड़ी अंतराल:** किसी पेंच का चूड़ी अन्तराल उसके एक पूर्ण घुमाव में मुख्य पैमाने पर तय की गयी दूरी को कहते हैं।

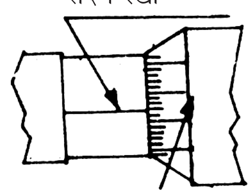
(ii) **अल्पतमांक:** वृत्ताकार पैमाने के एक भाग को आगे बढ़ाने पर पेंच मापी द्वारा मुख्य पैमाने पर तय की गई दूरी को पेंचमापी का अल्पतमांक कहते हैं।

(iii) **शून्यांक त्रुटि मापन व इसका निराकरण:** यदि पेंचमापी के सिरों को मिलाने पर वृत्ताकार व मुख्य पैमाने के शून्य न मिलते हों तो यंत्र में शून्यांक त्रुटि होती है। वृत्ताकार पैमाने के कुछ भाग मुख्य पैमाने के शून्य से आगे या पीछे रह जाते हैं। यदि वृत्तीय पैमाने का शून्य मुख्य पैमाने के शून्य से आगे हो तो शून्यांक त्रुटि ऋणात्मक होती है (चित्र 2.1 अ) और यदि इसके विपरीत होने पर शून्यांक त्रुटि धनात्मक होती है। (चित्र 2.1 ब)

(iv) **पिच्छट त्रुटि:** पेंच व नट के बीच के घिसाव या समायोजन न होने के कारण वृत्ताकार पैमाने वाले शीर्ष को घुमाने पर पेंच अपने अक्ष में तुरन्त चलायमान नहीं हो पाता। इस प्रकार की त्रुटि को पिच्छट त्रुटि कहते हैं। शून्यांक त्रुटि ज्ञात करने या तार के व्यस का मान निकालने के लिये किये सूक्ष्म समायोजन के लिये रेचेट को छादन से पकड़ते हुये आप पेंच को आगे बढ़ायें।



चित्र 2.1 अः ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि



चित्र 2.1 (ब): धनात्मक शून्यांक त्रुटि

2.3 प्रयोग विधि

(i) **चूड़ी अन्तराल मापनः** इसके लिये पेंचमापी में बने वृत्ताकार पैमाने को कई पूर्ण घुमाव दिये जाते हैं व मुख्य पैमाने पर इसके द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात कर ली जाती है। फिर चूड़ी अन्तराल निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात कर लिया जाता है।

$$\text{चूड़ी अन्तराल} = \frac{\text{तय की गयी दूरी}}{\text{पूर्ण घुमावों की संख्या}}$$

(ii) **अल्पतमांक मापनः** अल्पतमांक मापन के लिए वृत्ताकार पैमाने पर अंकित भागों की संख्या नोट कीजिए और निम्न सूत्र द्वारा पेंचमापी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।

$$\text{अल्पतमांक} = \frac{\text{पेंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या}}$$

(iii) **शून्यांक त्रुटि मापनः** पेंचमापी के सिरों को मिलाने पर देखें कि वृत्ताकार पैमाने का शून्य मुख्य पैमाने के शून्य से कितना भाग आगे या पीछे है। इस संख्या को अल्पतमांक से गुणा किये जाने पर शून्यांक त्रुटि ज्ञात हो जाएगी।

(iv) **शून्यांक संशोधन की गणनाः** शून्यांक संशोधन शून्यांक त्रुटि का ऋणात्मक मान होता है।

शून्याँक संशोधन शून्याँक = – शून्याँक त्रुटि

तार के प्रेक्षित व्यास में शून्याँक संशोधन को बीजगणितीय विधि से जोड़ने पर हमें सही मान प्राप्त हो जाएगा।

(v) **व्यास मापनः** इसके लिये पेंच को पीछे हटाकर फिर रैचेट द्वारा आगे बढ़ाते हुए तार को पेंचमापी के शीर्षों के बीच इस प्रकार व्यवस्थित करें कि यह दोनों सिरों को स्पर्श करे।

टिप्पणियाँ

(vi) वृत्ताकार पैमाने पर वह निकटतम भाग पढ़ें जो कि मुख्य पैमाने की संदर्भ रेखा की सीध में हो। अब मुख्य पैमाने की सहायता से पेंच के पूर्ण घुमावों की संख्या भी ज्ञात करें।

इस प्रकार व्यास का मान निम्नवत ज्ञात किया जा सकता है–

प्रेक्षत व्यास = (चूड़ी अन्तराल) × पूर्ण घुमावों की संख्या

+ अल्पतमांक × वृत्ताकार पैमाने का पाठ्यांक

(vii) तार की लम्बाई में विभिन्न स्थानों पर 5 प्रेक्षण लें। इनका औसत मान लेकर शून्याँक संशोधन करने पर हमें व्यास का सही मान प्राप्त हो जाता है।

प्रेक्षण:

चार पूर्ण घुमावों में तय की गई रेखीय दूरी = ... mm

एक पूर्ण घुमाव में तय की गई रेखीय दूरी = ... mm

∴ पेंच का चूड़ी अन्तराल (Pitch) = ... mm = ... cm

वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या = ...

$$\text{अल्पतमांक} = \frac{\text{पेंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या}} = \text{........................ cm}$$

शून्याँक त्रुटि (1) ...., (2) ...., (3) ....

औसत शून्याँक त्रुटि = ...

औसत शून्याँक संशोधन = – (औसत शून्याँक त्रुटि)

= .... बीजगणितीय विधि से जोड़ी जानी है।

सारणी 2.1: व्यास के लिये पेंचमापी के पाठ्याँक

क्रम सं.	रेखीय पैमाना m (भाग)	वृत्ताकार पैमाना n (भाग)	प्रेक्षित व्यास = m x चूड़ी अन्तराल + n × अल्पतमांक
1			
2			
3			
4			
5			

औसत प्रेक्षित व्यास = ... cm

औसत संशोधित व्यास = D = ... cm

2.6 त्रुटि के स्रोत

(i) शून्याँक त्रुटि ज्ञात करते समय या तार का व्यास ज्ञात करते समय पेंचमापी के पेंच का अधिक कसा जाना तार को विरूपित कर सकता है जिससे माप त्रुटिपूर्ण होने की संभावना रहेगी।

(ii) रेचेट शीर्ष को घुमाने पर यदि पेंच नहीं घूमता है तो पेंच के दबाव से तार विरूपित हो सकता है।

(iii) जैसा कि पहले स्पष्ट किया जा चुका है पिच्छट त्रुटि के निराकरण के लिये पेंच केवल एक ही दिशा (अग्रिम दिशा) में घुमाया जाना चाहिये जबकि अन्तिम समायोजन किया जा रहा हो। इस बात पर ध्यान न देने पर बड़ी त्रुटि संभव है।

1.7 देखें आपने क्या सीखा

(i) इस यंत्र को पेंचमापी क्यों कहते हैं?

....

(ii) पेंचमापी के चूड़ी अन्तराल से आप क्या समझते हैं?

....

(iii) पेंचमापी के अल्पतमांक से क्या तात्पर्य है?

....

(iv) त्रुटि क्या है और इससे कैसे बचा जा सकता है?

....

(v) पेंचमापी में रैचेट व्यवस्था की क्या उपयोगिता है?

....

(vi) यदि वृत्ताकार पैमाने का शून्य मुख्य पैमाने के सदर्भ रेखा से 7 भाग आगे हो और अल्पतमांक 0.005 मिलीमीटर हो तो शून्याँक त्रुटि व शून्याँक संशोधन क्या होगा?

....

प्रयोग-4

साधारण लोलक के न्यून आयामी दोलनों के लिये आवर्तकाल ज्ञात कीजिये व लोलक की लम्बाई व आवर्तकाल के वर्ग के बीच लेखाचित्र बनाकर सेकेंड लोलक की लम्बाई ज्ञात कीजिए।

4.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- एक निलंबन बिंदु से एक साधारण लोलक को लटकाकर तथा इसे स्वतंत्र दोलन करवा कर इसके आवर्तकाल का मापन कर सकेंगे;,
- निलंबित अवस्था में लोलक की लम्बाई ज्ञात कर सकेंगे;
- लोलक की लम्बाई व समय अन्तराल के वर्ग के बीच लेखाचित्र खींचकर सेकेंड लोलक की लम्बाई ज्ञात कर सकेंगे;
- इस तथ्य से परिचित हो जायेंगे कि सेकेंड लोलक की लम्बाई अलग-अलग स्थानों में अलग-अलग होती है;
- यह बात जान जायेंगे कि लम्बाई में वृद्धि के साथ आवर्तकाल में वृद्धि होती है और आवर्तकाल लम्बाई के अनुक्रमानुपाती न होकर लम्बाई के वर्गमूल का अनुक्रमानुपाती होता है।

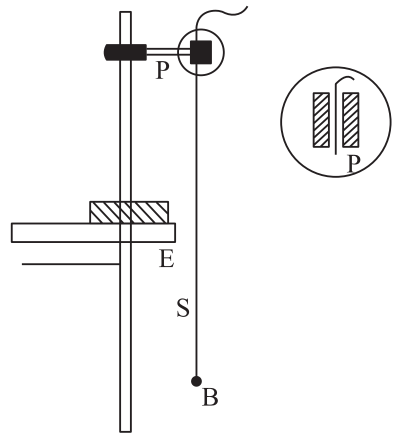
4.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

साधारण लोलक में एक छोटे परन्तु भारी गोलक B को एक हल्के व अतन्य धागे S (चित्र 4.1) की सहायता से एक दृढ़ बिन्दु से लटकाया जाता है। साम्य स्थिति में धागा ऊर्ध्वाधर होता है। दोलन करने की स्थिति में दोलनों का आयाम धागे द्वारा ऊर्ध्वाधर स्थिति से बनाया गया अधिकतम कोण या दोलक का अधिकतम क्षैतिज विस्थापन है। इसका आवर्तकाल T, जो कि एक दोलन करने में लिया गया समय है, इसकी लम्बाई यानि निलंबन बिंदु से गोलक B के गुरुत्व केन्द्र के बीच की दूरी पर निर्भर करता है। (चित्र 4.3)

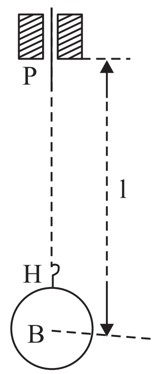
$$T \propto \sqrt{l}$$

$$T^2 \propto l$$

अतः T^2 और l के बीच खींचा गया लेखाचित्र मूल बिन्दु से गुजरने वाली सरल रेखा है। यहाँ इस बात पर ध्यान दें कि बहुत अधिक आयाम वाले दोलनों के लिए आवर्त काल दोलन-आयाम बढ़ने के साथ बढ़ता है परन्तु न्यून आयामी दोलनों के लिए आवर्तकाल अचर रहता है।



चित्र 4.1:



चित्र 4.2:

सेकेन्ड-लोलक वह सरल लोलक है जो दोलन के एक छोर से दूसरे छोर तक जाने में 1 सेन्टीमीटर का समय लेता है। यानि जो एक दोलन 2 सेकेन्ड में पूरा करता है।

आवश्यक सामग्री

एक धात्वीय गोलक, विराम-घड़ी (जिसका अल्पतमाँक 0.1 सेकेन्ड या इससे कम हो), शिकन्जा युक्त 1 मीटर ऊँचा प्रयोगशाला स्टैंड, दो टुकड़ों में कटी कॉर्क, पतला धागा, दो छोटे लकड़ी के गुटके, मीटर-पैमाना।

4.3 प्रयोग का समायोजन एवं विधि

(i) मीटर पैमाने एवं, दोनों लकड़ी के गुटकों का प्रयोग करके लोलक का व्यास ज्ञात करें। फिर गोलक के हुक में धागे का एक सिर बाधें।

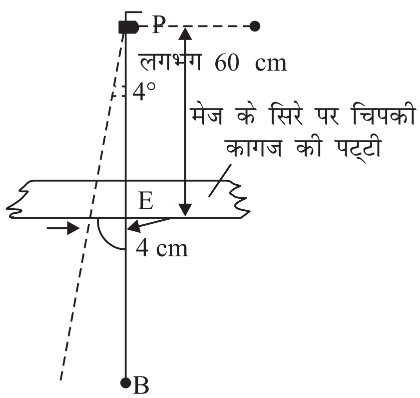
(ii) धागे का दूसरा सिरा कॉर्क के टुकड़ों के बीच से गुजारें एवं कॉर्क के इन टुकड़ों को स्टैंड के क्लैम्प में कस दें। (देखें चित्र 4.1)। इस व्यवस्था में, बिन्दु P जहाँ धागा कॉर्क के टुकड़ों से बाहर आता है, एक तीक्ष्ण निलंम्बन बिन्दु की तरह व्यवहार करता है जिसकी स्थिति लोलक के दोलनों के साथ परिवर्तित नहीं होती। यह सुनिश्चित करने के लिए देखें कि P के पास कॉर्क के दोनों टुकड़ों के सिरे आपस में मिले हों।

(iii) प्रथम प्रेक्षण समूह के लिए लोलक की लम्बाई 125 सेन्टीमीटर समायोजित करें। यह लम्बाई हुक के आधार H से निलम्बन बिन्दु P तक मापी जानी चाहिए (चित्र 4.2)। L का मान प्राप्त करने के लिए लम्बाई PH में गोलक का अर्धव्यास जोड़ें।

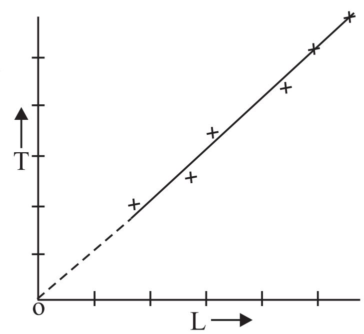
l लम्बाई PH, गोलक को धागे पर लटका कर ही मापें क्योंकि गोलक के भार के कारण धागे की लम्बाई में वृद्धि हो सकती है।

(iv) स्टैंड को मेज के सिरे के पास इस प्रकार समायोजित करें कि लोलक का धागा मेज के सिरे के आगे स्वतंत्रतापूर्वक लटकता रहे (चित्र 4.1)। सफेद कागज की एक पट्टी मेज के सिरे की ऊर्ध्वाधर सतह पर चिपका कर इस पर एक ऊर्ध्वाधर रेखा खीचें और स्टैंड को पुनर्समायोजित कर धागे को इस ऊर्ध्वाधर रेखा के समान्तर इस प्रकार लटकने दें कि सामने से देखने पर रेखा धागे के पीछे छिप जाय।

(v) गोलक को मध्य स्थिति से थोड़ा सा एक ओर हटाकर छोड़ दें ताकि यह 4^0 से कम आयाम वाले दोलन करे (चित्र 4.3)। बिन्दु P की मेज से ऊँचाई 60 सेन्टीमीटर से अधिक नहीं होनी चाहिए।



चित्र 4.3:



चित्र 4.4

(vi) विराम घड़ी की सहायता से लोलक के 20 दोलनों का समय ज्ञात करें। दोलन गिनते समय जब धागा मध्य स्थिति से किसी एक दिशा में जाने लगे तो शून्य से गणना शुरू करें और विराम घड़ी को शुरू कर दें। बीसवीं बार जब धागा मध्य स्थिति को पार करने लगे तो विराम घड़ी को बन्द कर दें। गणन में गलती की संभावना से बचने के लिए कम से कम 3 प्रेक्षण लें। अब एक दोलन का समय 'T' ज्ञात करें।

(vii) लोलक की लम्बाई कम करके (iii) से (vi) तक के पद दोहरायें और इस प्रकार तब तक प्रेक्षण लें जब तक कि धागे की लम्बाई 20 सेन्टीमीटर न रह जाय।

(viii) प्रत्येक लम्बाई के लिए T^2 के मान की गणना करें। T^2 और l में लेखाचित्र बनायें (चित्र 4.4)। लेखाचित्र $T_2 = 4S^2$ के सापेक्ष l का मान पढ़ें।

4.4 प्रेक्षण एवं आंकड़ों का विश्लेषण

गोलक का व्यास = (1) .... (2) .... (3) ....

माध्य व्यास = ...

गोलक का अर्धव्यास, r = 1/2 (व्यास) = ...

सारणी 4.1: दोलन काल मापन

अनुक्रमांक	लम्बाई PH	l = PH + r	20 दोलनों का समय					
			1	2	3	माध्य	T(s)	T2(s2)

T^2 और l के बीच खींचे गये लेखा चित्र से $T^2 = 4s^2$ के सापेक्ष l का मान = ... Cm

4.5 परिणाम

(i) T^2 और l के बीच लेखा चित्र मूलबिन्दु से होकर जाने वाली एक ऋजु रेखा है। अतः $T \propto \sqrt{l}$

(ii) प्रयोग के स्थान पर सेकेन्ड लोलक की लम्बाई

(a) .... लेखाचित्र से

(b) .... गणना से .... (सेकेन्ड लोलक के लिये T = 2 सेकेन्ड लें और प्रयोग के स्थान पर g (गुरुत्व जनित त्वरण) का मान मानक भौतिक नियतांक सारिणी से नोट करें।

4.6 त्रुटि के स्रोत

(i) यदि आलंबन सतह सुदृढ़ न हो तो लोलक के दोलन के समय निलम्बन बिन्दु क्षैतिज गति कर सकता है। इससे आवर्तमाल-मापन प्रभावित हो सकता है।

(ii) धागे की प्रत्यास्थता के कारण लोलक की लम्बाई मापन में त्रुटि हो सकती है।

4.7 देखें आपने क्या समझा

(i) आवर्तकाल वह समय अन्तराल हे जिसमें लोलक एक पूर्ण दोलन करता है। इसे ज्ञात करने के लिये आपको 20 दोलनों में लिये गये समय से एक दोलन में लिये गये समय का मान ज्ञात करने की सलाह क्यों दी जाती है बजाय इसके कि विराम-घड़ी से एक ही दोलन का समय मापा जाय?

....

(ii) ज्यादा सही आवर्तकाल मापन के लिए 20 दोलनों में लिये गये समय की अपेक्षा 50 दोलनों में लिया गया समय मापन कैसे ज्यादा सहायत है?

....

(iii) यदि किसी लोलक की लम्बाई (*a*) 8 गुना घटा दी जाती है (*b*) नौ गुना बढ़ा दी जाती है तो इसका आवर्तकाल (दोनों स्थितियों के लिये सही उत्तर का चयन करें।

....

(i) 1/8 (ii) 8 गुना (iii) 1/81 गुना (iv) 81 गुना (v) 1/3 गुना (vi) 3 गुना हो जायेगा

....

(iv) अपने लोलक की लम्बाई की लम्बाई में परिवर्तन किये बिना इसे आप एक ऐसे स्थान में ले जाते हैं जाहँ गुरुत्वजनित त्वरण का मान ज्यादा है।

(a) क्या इसका आवर्तकाल परिवर्तित होगा? यदि हाँ तो कैसे?

(b) क्या सेकेन्ड लोलक की लम्बाई परिवर्तित होगी? यदि हाँ तो कैसे?

....

प्रयोग-5

सदिशों के, समान्तर चतुर्भुज के नियम द्वारा किसी वस्तु का भार ज्ञात करना।

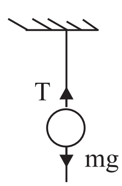
5.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

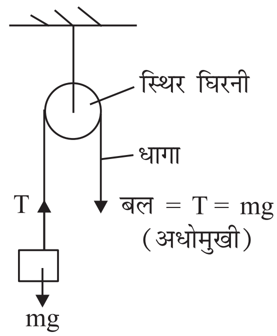
- तीन बलों के अन्तर्गत एक बिंदु को संतुलित कर सकेंगे;
- डोरी में तनाव पहचान सकेंगे;
- यह जान सकेंगे कि गुरुत्व के प्रभाव से वस्तुऐं हमेशा ऊर्ध्वाधर लटकती हैं;
- भार को पृथ्वी द्वारा किसी वस्तु पर लगाये गये बल के रूप में जान सकेंगे;
- यह जान सकेंगे कि किसी वस्तु के ऊपर लगे कई बलों के समतुल्य बल हो सकता है जिसका मान सभी बलों में परिमाण के बराबर होता है।

5.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

(i) न्यूटन के तृतीय नियम के अनुसार एक वस्तु को आलम्बन प्रदान करने वाली डोरी का तनाव वस्तु के भार के बराबर होता है।



चित्र 5.1:



चित्र 5.2:

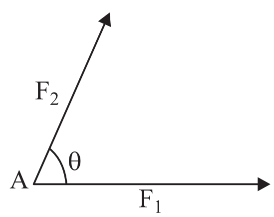
किसी m द्रव्यमान की वस्तु का भार = mg (चित्र 5.1)

अत: डोरी में तनाव $F_1 = mg$

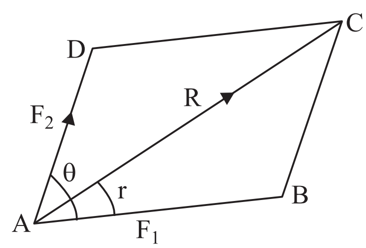
(ii) एक स्थिर पुली केवल बल की दिशा में परिवर्तन करती है, उसके मान में नहीं, (चित्र 5.2)

(iii) बल सदिश होने के कारण अंकगणितीय विधि द्वारा योज्य नहीं है। परिणामी बल वह एकल बल है जो कि वस्तु पर लगने वाले सभी बलों के तुल्य प्रभाव पैदा करता है। एक वस्तु संतुलन की अवस्था में कही जाती है यदि उस पर कार्यकारी परिणामी बल शून्य हो।

(iv) सदिशों के समान्तर चतुर्भज का नियम– यदि किसी बिंदु पर कार्यरत दो बलों के परिणाम व दिशा को समान्तर चतुर्भुज की दो आसन्न भुजाओं द्वारा निरूपित किया जा सके तो उनके परिणामी बल के परिमाण व दिशा को उस बिंदु से खींचे हुए विकर्ण द्वारा निरूपित किया जा सकता है।



चित्र 5.3 (a):



चित्र 5.3 (b)

चित्र 5.3 (a) में बिंदु A पर स्थित वस्तु पर लगे बलों F_1 व F_2 के बीच का कोण θ है। इन्हें परिमाण व दिशा में समान्तर चतुर्भुज $ABCD$ की भुजाओं AB व AD द्वारा निरूपित किया गया है।

विकर्ण AC परिणामी बल को दर्शाता है।

$$R = F_1 + F_2$$

$$|R| = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2Cos\theta$$

पुन: $\tan\alpha = \dfrac{F_2Sin\theta}{F_1 + F_2Cos\theta}$

जहाँ α, F_1 व R के बीच का कोण है।

यदि F_1 व F_2 के मानों में परिवर्तन हो तो R का मान भी बदल जाता है।

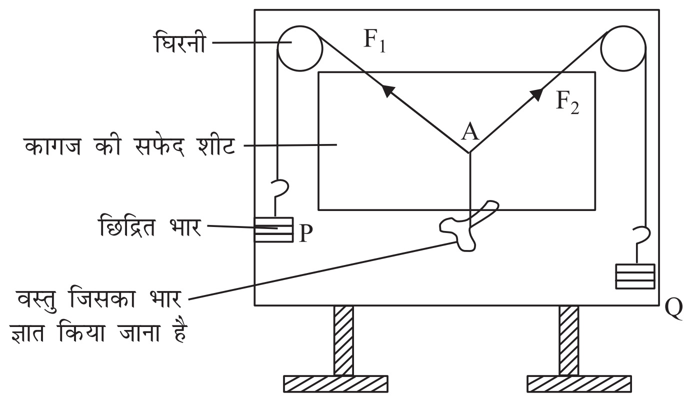
आवश्यक सामग्री

बलों के चतुर्भुज नियम का उपकरण (ग्रेव सेन्ड का उपकरण), साहुल रेखा, भार, पतली मजबूत डोरी, सफेद कागज, ड्राइंग पिनें, दर्पण पट्टी, पेंसिल, सेट स्क्वायर/प्रोटेक्टर, वस्तु जिसका द्रव्यमान ज्ञात किया जाना है।

टिप्पणियाँ

5.3 प्रयोग विधि

(i) ग्रेवसेन्ड के उपकरण के पट को ऊर्ध्वाधर रखते हुऐ दृढ़ आधार में समायोजित करें। साहुल रेखा द्वारा इसकी जाँच कर लें। (चित्र 5.4)



चित्र 5.4: ग्रेवसेण्ड का उपकरण

(ii) पुली (घिरनी) की धुरी में तेल प्रयोग करें ताकि वह आसानी से घूम सके

(iii) पिनों की सहायता से बोर्ड में सफेद ड्राइंग शीट नियत करें।

(iv) एक मीटर लम्बा धागा लें व छिद्रित भारों के हुकों को इनके किनारे में बाँधें।

(v) धागे को दानों पुलियों (घिरनियों) के ऊपर से गुजारें ताकि हैंगर बिना बोर्ड या जमीन को स्पर्श किये हुए स्वतंत्रतापूर्वक लटके रहे।

(vi) 50 सेन्टीमीटर लम्बा धागा काटें। वस्तु को, जिसका भार ज्ञात किया जाना है, धागे से बाँधें।

(vii) धागे के दूसरे सिरे को 1 मीटर धागे के केन्द्र बिंदु A पर नियत करें।

(viii) तीनों भारों का समायोजन इस प्रकार करें कि संधि साम्यावस्था में पेपर के बीच (मध्य) से थोड़ा नीचे रहे। तीन कार्यकारी बल निम्नवत हैं–

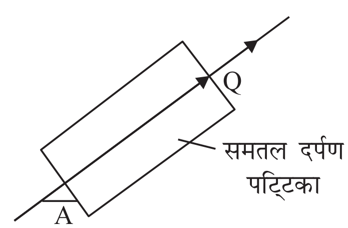
F_1 छिद्रित भार P द्वारा लगा बल

F_2 छिद्रित भार R द्वारा लगा बल

R वस्तु के भार द्वारा लगा बल

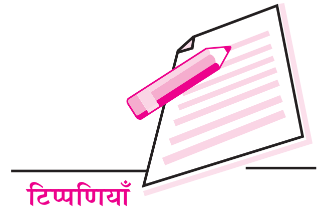
$F_1 = P$ (छिद्रित भार + हैंगर का भार)

$F_2 = R$ (छिद्रित भार + हैंगर का भार)

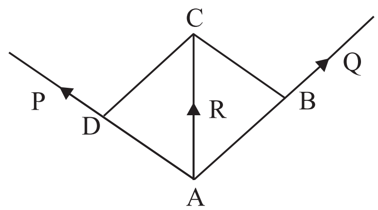


चित्र 5.5: समतल दर्पण पट्टिका

किन्हीं P व R भारों के लिये व अज्ञात भार की वस्तु के लिये केन्द्रीय संधि A एक वृत्त के अन्दर ही अवस्थित होती है। इसका केन्द्र ज्ञात करने का प्रयास करें व संधि को वहाँ लायें।



(ix) बलों की दिशा दर्शाने हेतु लम्बाई की दिशा में बारी बारी से प्रत्येक धागे के नीचे समतल दर्पण पट्टी रखें। दर्पण के दोनों सिरों के अन्त में दो बिंदु इस प्रका लें ताकि धागा व उसका प्रतिबिम्ब सम्पाती हो। भारों के स्थिर रहने पर ही बिंदु निर्धारण (अंकन) किया जाना चाहिये।



चित्र 5.6:

(x) P व R भारों के मान लिखें। भारों में हैंगर का भार जोड़ना न भूलें। हैंगर का भार स्प्रिंग तुला द्वारा ज्ञात करें।

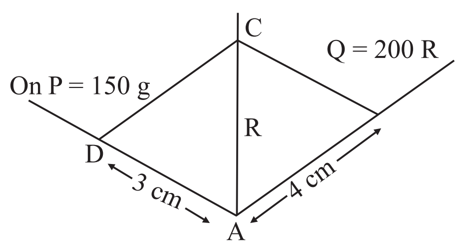
(xi) पेपर की शीट हटायें व अंकित बिंदुओं को मिलाकर बलों की दिशायें दर्शायें (चित्र 5.6)।

(xii) बलों को दर्शाने के लिये एक उचित पैमाने का प्रयोग करें ताकि एक बड़ा समान्तर दर्शायें ताकि $AB = \frac{Q}{n}$ व $AB = \frac{P}{n}$ इसी प्रकार यहाँ n ग्राम भार को 1 सेन्टीमीटर द्वारा दर्शाया गया है। n का चयन इस प्रकार किया जाना चाहिये ताकि समान्तर चतुर्भुज पेपर के अन्दर समा जाय।

निम्न उदाहरण से यह स्पष्ट हो जायेगा।

एक प्रयोग में P = 150 ग्राम व Q = 200 ग्राम है व उनकी अंकित दिशायें चित्र (5.7) की भाँति हैं।

50 ग्राम = 1 cm के पैमाने का चयन करें।



चित्र 5.7:

$$\therefore AD \frac{150}{50} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{व } AB \frac{200}{50} = 4 \text{ cm}$$

समान्तर चतुर्भुज पूरा करके AC की नाम 4.4 cm प्राप्त होती है।

$\therefore$ $R = 4.4 \times 50 = 220.0$ ग्राम

कर्ण AC परिणामी बल का मान (अर्थात् अज्ञात भार का मान) प्रदान करता है।

(xiii) हैंगरों के भारों को परिवर्तित करके प्रयोग दोहरायें व अज्ञात भार का औसत मान ज्ञात करें।

5.4 प्रेक्षण

(i) हैंगर का भार = ... ग्राम

(ii) समान्तर चतुर्भुज खींचने के लिये पैमाना, 50 ग्राम = 1 cm
(या कोई अन्य) 1 cm = n ग्राम

सारणी 5.1: वस्तु के भार के लिये सारणी

क्रम सं0	बल (खांचेदार भार + हैंगर)		कर्ण AC y (cm)	परिणामी बल R = $y \times n$ (ग्राम भार)	दी गयी वस्तु का भार
	P	**R**			

औसत भार = ... ग्राम

5.5 परिणाम

(i) एक दी गयी वस्तु का भार = g (ग्राम)
(सदिशों के समान्तर चतुर्भुज नियम द्वारा)

5.6 आप अपनी समझ का परीक्षण करें

(i) आप कब कहते हैं कि कोई वस्तु विराम अवस्था में है?

....

(ii) धागों का जोड़ (सन्धि) सदैव एक ही स्थान में क्यों नहीं ठहरती?

....

(iii) लटकाये गये भारों को बोर्ड या मेज से दूर क्यों रखा जाता है?

....

(iv) एक छात्र के पास प्रेक्षणों में $P = 200$ ग्राम, $R = 250$ ग्राम व उनके बीच के काणे (a) 90^0, (b) 60^0, (c) 30^0 हैं। उपयुक्त समान्तर चतुर्भुज खींचकर उनका परिणामी ज्ञात करें (50 ग्राम = 1 सेन्टीमीटर पैमाना लें)।

....

(v) एक पेड़ को नीचे खींचने के लिये रस्सियों को एक दूसरे से न्यूनकोण बनाते हुये दो विभिन्न दिशाओं में क्यों खींचा जाता है?

....

(ii) जानवर जाड़ों में सोते समय अपने शरीर को क्यों मोड़ लेते हैं?

....

(iii) वातावरण के समान तापान्तर के लिये तेल की शीतलन- दर पानी की शीतलन-दर से अधिक क्यों होती है?

....

(iv) क्या डाक्टर का तापमापी प्रयोग करने में इस्तेमाल किया जा सकता है? अपने उत्तर को कारण सहित स्पष्ट करें।

....

(v) द्रव को सतत रूप से क्यों विलोडित करना चाहिये?

....

(vi) यदि बड़ा ऊष्मामापी लिया जाय तो क्या आलेख प्रकृति में परिवर्तन आयेगा?

....

(vii) प्रयोग में तेल व पानी का समान आयतन क्यों प्रयुक्त होना चाहिये? इससे आपको लेखाचित्रों की तुलना करने में कैसे सहायता मिलती है?

....

प्रयोग-7

मिश्रण-विधि से दिये गये ठोस की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करना

7.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आपः

- ऊष्मा आदान प्रदान के नियम को समझ जायेंगे;
- यह जान जायेंगे कि जब भी गर्म वस्तुऐं अपेक्षाकृत ठंडे वातावरण में रखी जाती हैं तो ऊष्मा का वातावरण में क्षरण होता है। अर्थात् ऊष्मा उच्च ताप से निम्न ताप की ओर प्रवाहित होती है;
- यह जान जायेंगे कि ऊर्जा हमेशा संरक्षित रहती है। अतः ऊष्मीय ऊर्जा भी संरक्षित रहती है;
- यह जान जायेंगे कि विभिन्न पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा भिन्न-भिन्न होती है; और
- एक ठोस की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात कर पायेंगे।

7.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

(i) **विशिष्ट ऊष्माः** किसी पदार्थ के इकाई द्रव्यमान का तापमान 1^0 सेल्सियस बढ़ाने के लिये आवश्यम ऊष्मा को उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं।

विशिष्ट ऊष्मा की इकाई कैलोरी ग्राम $^{-1}$$^\circ$ सेल्सियस $^{-1}$ यो जूल किलोग्राम $^{-1}$ सेल्सियस $^{-1}$ है। और इसे कैलोरी प्रति ग्राम प्रति डिग्री सेल्सियस $^{-1}$ या जूल प्रति किलोग्राम प्रति डिग्री सेल्सियस पढ़ा जाता है।

(ii) किसी वस्तु द्वारा प्राप्त की गई या खोई गई ऊष्मा : m द्रव्यमान, s विशिष्ट ऊष्मा व Δt तापान्तर के लिये

वस्तु द्वारा प्राप्त की गई ऊष्मा = $ms\,\Delta t$ {Δt = ताप में वृद्धि}

और खोई गयी ऊष्मा = $ms\,\Delta t$ {Δt = ताप में ह्रास}

(iii) ठोस पदार्थों, द्रवों व वातावरण के बीच ऊष्मा का आदान प्रदान होता है। एक गरम वस्तु द्वारा खोई गई ऊष्मा संरक्षित रहती है। इसे ऊष्मा आदान प्रदान का नियम कहते हैं जो निम्न प्रकार से भी लिखा जा सकता है।

टिप्पणियाँ

ठंडी वस्तु द्वारा प्राप्त ऊष्मा = गरम वस्तु द्वारा खोयी गयी ऊष्मा

इसका प्रयोग ठोसों व द्रवों की विशिष्ट ऊष्मा-मापन में किया जा सकता है।

(iv) **मिश्रण विधिः** यदि किसी ठोस गर्म वस्तु को ऐसे ठंडे द्रव में रखा जाय जिसके साथ इसकी कोई क्रिया नहीं होती तो ठोस निकाय द्वारा खोई ऊष्मा द्रव द्वारा प्राप्त की गई ऊष्मा के बराबर होती है। (यदि यह माना जाय कि ऊष्मा का वातावरण में कोई ह्रास नहीं होता।)

आवश्यक सामग्री

एक विलोडक व ऊष्मारोधी बक्स युक्त ऊष्मामापी, गर्म करने का प्रबन्ध, पीतल का गोलक, दो तापमापी, कांच का बेलन, रुई, धागा, स्प्रिंग तुला (गोलक का द्रव्यमान ज्ञात करने के लिये।)

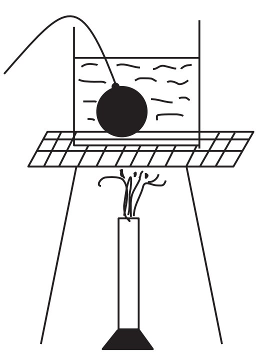
7.3 प्रयोग विधि

(i) स्प्रिंग तुला की सहायता से साफ किये हुए ऊष्मामापी व विलोडक का भार ज्ञात करें।

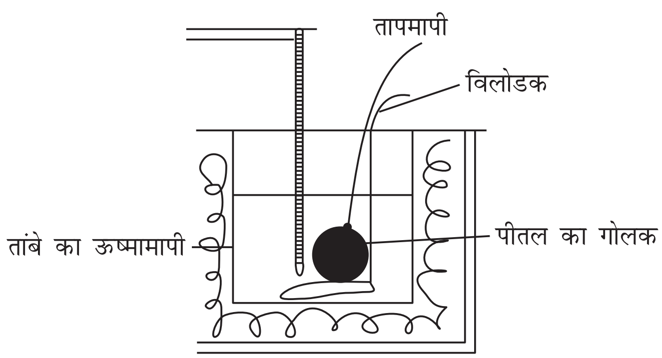
(ii) ऊष्मामापी को इसके ऊष्मारोधी बक्स में रखें।

(iii) मापक बेलन की सहायता से 60 मिलीलीटर जल मापकर सावधानीपूर्वक ऊष्मामापी में उड़ेलें

(iv) तापमापी को ऊर्ध्वाधरतः स्टैंड में लगा दें और इस ठंडे पानी का तापमान ज्ञात करें।



चित्र 7.1: पीतल के गोलक को ऊष्मामापी के जल में स्थानान्तरित करने से पूर्व सावधानी पूर्वक गर्म करना



चित्र 7.2: ऊष्मामापी बक्स तापमापी एवं विलोडक की गोलक को ऊष्मामापी में डालते समय उपयुक्त व्यवस्था दर्शाता है।

(v) पीतल के गोलक को धागे में बाँधकर कुछ समय के लिये उबलते पानी में लटका दें और गरम होने दें। इस उबलते पानी का तापमान एक दूसरे आधार में लगे दूसरे तापमापी द्वारा नापें।

(vi) तुरन्त पीतल के गोलक को ऊष्मामापी के पानी में डालकर ढक्कन बन्द करें व इसे विलोडित करें।

(vii) पानी का तापमान बढ़ेगा व फिर स्थिर हो जायेगा। इसके बाद यह ऊष्मा का वातावरण में ह्रास होने के कारण धीरे-धीरे कम होता है।

(viii) पानी का अन्तिम स्थिर तापमान ज्ञात करें।

7.4 प्रेक्षण

(i) मापक का अल्पतमांक = ...

(ii) स्प्रिंग का अल्पतमांक = ...

(iii) पीतल के गोलक का द्रव्यमान m_b = ...

(iv) ऊष्मामापी व विलोडक का द्रव्यमान m_c = ...

(v) तापमापी का अल्तमांक = ...

(vi) ऊष्मामापी के जल का प्रारम्भिक तापमान t_1 = ...

(vii) उबलते जल का तापमान t_3 = ...

(viii) जल व गोलक का अन्तिम तापमान t_2 = ...

(ix) तांबे की विशिष्ट ऊष्मा = S_c (सारणी) =0.093 कैलोरी ग्राम$^{-1}$सेल्सियस $^{-1}$

(x) ऊष्मामापी में ठंडे जल का आयतन = 60 मिलिलीटर

ठंडे जल का द्रव्यमान = 60 ग्राम (जल का घनत्व = 1 ग्राम/मिलीलीटर)

7.5 गणना

(i) गर्म पीतल के गोलक द्वारा दी गई ऊष्मा = $m_b \times S \times (t_3 - t_2)$ कैलोरी

(ii) ऊष्मामापी के जल द्वारा दी गई ऊष्मा = $60 \times 1 \times (t_2 - t_1)$ कैलोरी

(जल की विशिष्ट ऊष्मा = 1 कैलोरी ग्राम$^{-1}$सेल्सियस $^{-1}$)

(iii) ऊष्मामापी द्वारा ली गयी ऊष्मा = $m_c \times S_c \times (t_2 - t_1)$ कैलोरी मिश्रण विधि से हम जानते हैं कि

$$m_b \times S \times (t_3 - t_2) = \{60 + m_c \times S_c\}\,(t_2 - t_1)$$

$$\frac{(60 + m_c S_c)(t_2 - t_1)}{m_b (t_3 - t_2)} = \text{.............}$$ कैलोरी ग्राम$^{-1}$सेल्सियस $^{-1}$

टिप्पणी: यह रोचक बात है कि इस विधि का प्रयोग घर के सरल प्रयोगों में किया जा सकता है। आप अपना प्रयोग करने के लिये ऊष्मामापी के स्थान पर एक प्लास्टिक का प्याला उपयोग में ला सकते हैं। संगमरमर की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करने के लिये संगमरमर के टुकड़े लें। आपको तापमापन के लिये एक प्रयोगशाला तापमापी की आवश्यकता होगी। संगमरमर के टुकड़े किसी परचून की दुकान में तोले जा सकते हैं। जल का मापन किसी खाली दवा की शीशी से किया जा सकता है। खेल-खेल में इसे आजमाइये। वस्तुत: आप प्लास्टिक के प्याले द्वारा ली गयी ऊष्मा को नगण्य मानते हैं। आप खौलते पानी का तापमान लगभग 100^0 सेल्सियस ले लें इससे दूसरे तापमापी की आवश्यकता नहीं रहेगी।

7.6 देखें आपने क्या समझा

(i) क्या आप पीतल के गोलक की विशिष्ट ऊष्मा ठंडे गोलक को ऊष्मामापी के गरम जल में डाल कर ज्ञात कर सकते हैं? व्याख्या करें। क्या आप इस स्थिति में भी अन्तिम स्थिर ताप प्राप्त कर सकते हैं। कैसे?

....

(ii) क्या आप इस विधि से लकड़ी के गोलक की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात कर सकते हैं? व्याख्या करें।

....

(iii) नल का पानी 100^0 सेल्सियस पर क्यों नहीं उबलता है?

....

(iv) आप मिश्रण का अन्तिम तापमान कैसे ज्ञात करते हैं?

....

(v) मिश्रण को निरन्तर क्यो विलोडित करना चाहिये?

....

(vi) 100^0 सेल्सियस तापमान वाले 200 ग्राम पीतल के टुकड़े को 20^0 सेल्सियस तापमान वाले 500 मिलीलीटर जल में डाला जाता है। अन्तिम तापमान 23^0 सेल्सियस है। पीतल की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करें।

....

(vii) इस कथन का क्या आशय है कि विशिष्ट ऊष्मा 0.215 कैलोरी ग्राम $^{-1}$सेल्सियस $^{-1}$ या एल्युमीनियत की 100 जूल किलोग्राम$^{-1}$सेल्सियस$^{-1}$ है?

....

(viii) क्या आप मिश्रण विधि का उपयोग किसी द्रव की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करने में कर सकते हैं? व्याख्या करें।

....

(ix) क्या यह आवश्यक है कि ठोस पिंड की आकृति गोलाकार हो?

....

(क्रिया सुझाव)

इस विधि का उपयोग किसी तेल की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करने में करें।

संकेतः पीतल के गोलक व जल द्वारा किये गये प्रयोग को जल के स्थान पर तेल का प्रयोग करके दोहरायें।

प्रयोग-8

किसी कुंडलित कमानी पर लगाए गए भार में वृद्धि करके संगत लम्बाई वृद्धि मापिए। भार-लम्बाई वृद्धि ग्राफ बनकार इस स्प्रिंग (कमानी) का स्प्रिंग नियतांक ज्ञात कीजिए।

8.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- एक स्प्रिंग को ऊर्ध्वाधर लटकाकर इस पर लटकाए गए विभिन्न भारों के संगत इसकी लम्बाई मापने की व्यवस्था स्थापित कर सकेंगे;
- इस कमानी की लम्बाई में एक भार द्वारा उत्पन्न वृद्धि का मान ज्ञात कर सकेंगे;
- भारत व कमानी की लम्बाई में वृद्धि के बीच आलेख खींच सकेंगे व नियतांक ज्ञात कर सकेंगे;
- ग्राफ का उपयोग करके स्प्रिंग नियतांक की गणना कर सकेंगे।

8.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

(i) हुक का नियम बताता है कि स्प्रिंग पर लटकाये गये द्रव्यमान m पर लगा गुरुत्वाकर्षण बल व इस बल द्वारा कमानी की लम्बाई में वृद्धि l एक दूसरे के अनुक्रमानुपाती होते हैं। अर्थात $Mg \propto l$

या $\mu = \dfrac{mg}{l}$ ....(8.1)

या μ न्यूटन में बल का वह परिमाण g जो स्प्रिंग में इकाई लम्बाई वृद्धि करेगा। इसे स्प्रिंग का स्प्रिंग नियतांक कहते हैं। यदि हम लम्बाई वृद्धि l को y-अक्ष पर तथा भार Mg को x - अक्ष पर लेकर ग्राफ बनाएं तो

$\mu = \dfrac{\text{भार में परिवर्तन}}{\text{लम्बाई में परिवर्तन}}$ = लम्बाई-भार ग्राफ की प्रवणता ...(8.2)

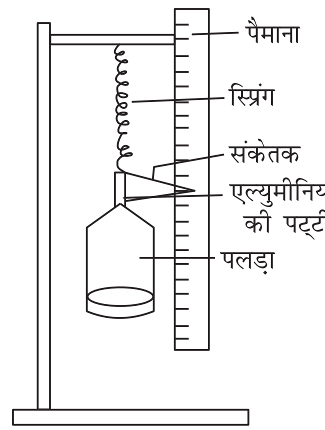
समीकरण (8.2) से ज्ञात होता है कि μ का SI मात्रक Nm^{-1} है।

आवश्यक सामग्री

स्प्रिंग, स्प्रिंग से लटकाया जा सकने वाला पलड़ा, भार बॉक्स, पैमाना (आधा मीटर), प्रयोगशाला स्टैंड, संकेतक सहित एलुमीनियम की हल्की पत्ती।

8.3 प्रयोग का समायोजन

लोहे के स्टैंड में ऊर्ध्व स्थिति में एक पैमाना नियत करें और उसी स्टैंड के क्लैम्प से कमानी लटकायें। इसके नीचे एक हल्की एल्युमीनियम की पत्ती लगा दें जिसमें कि एक कागज का हल्का संकेतक लगा हो (चित्र 8.1) पट्टी के निचले सिरे में एक पलड़ा लटकायें। जब पलड़े में भार रखे जाते हैं तो कमानी की लम्बाई बढ़ती है, व संकेतक का सिरा पैमाने पर नीचे की ओर बिना इसे स्पर्श किये हुए बढ़ता है संकेतक के सिरे की स्थिति को पैमाने पर पढ़ा जा सकता है।



चित्र 8.1:

8.4 प्रयोग विधि

(i) पलड़े पर कोई भार न रखे जाने की स्थिति में पैमाने पर संकेतक की शून्य स्थिति ज्ञात करें। एक उपयुक्त भार M रखने पर नया पाठ्यॉंक ज्ञात करें। दो पाठ्यॉंकों का अन्तर लम्बाई में वृद्धि l को दर्शाता है।

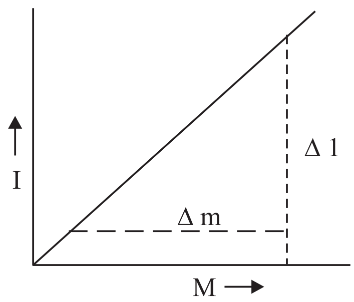
(ii) धीरे-धीरे क्रमिक चरणों में पलड़े में भार बढ़ायें व प्रत्येक भार के लिये संकेतक की स्थिति ज्ञात करें।

(iii) एक उचित अधिकतम भार की स्थिति तक पहुँचने के बाद समान रूप से भार घटायें। पुनः प्रत्येक भार के लिये संकेतक की स्थिति का पाठ्यॉंक लें। कमानी पर अधिकतम भार के कारण यदि यह स्थाई रूप से तन न गई हो तो प्रत्येक भार के लिये संकेतक अपनी पूर्व स्थिति में आ जायेगा (कुछ पाठ्यॉंक-त्रुटि सम्भव है) अतः दोनों पाठ्यॉंकों का माध्य-मान लें।

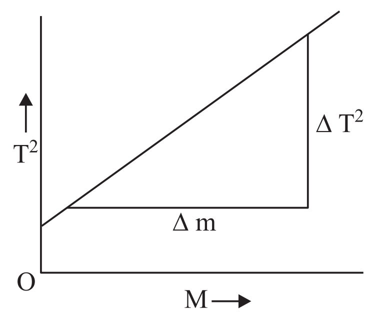
(iv) भार M (X-अक्ष) व लम्बाई में वृद्धि ΔL (Y-अक्ष) में रखते हुए लेखाचित्र खीचें। इन बिंदुओं व मूल बिंदु से होकर गुजरने वाली सर्वश्रेष्ठ सीधी रेखा खीचें जो कि शून्य भार के तुल्य वृद्धि को दर्शाती है।

(v) लेखाचित्र का ढाल ज्ञात करें व तब स्थिरांक निकालें।

$$\mu = \frac{\text{डमें परिवर्तन}}{\text{समें परिवर्तन}} = \frac{1}{\text{लेखाचित्र का ढाल}}$$



चित्र 8.2: *M* व *L* के बीच लेखाचित्र



चित्र 8.3: *M* व T² के बीच लेखाचित्र

8.5 प्रेक्षण व न्यास विश्लेषण

सारणी: लम्बाई में वृद्धि व भार के खींचने के लिए प्रेक्षण

क्रम सं.	भार M kg	पैमाने का पाठ्यांक		माध्य	लम्बाई में वृद्धि (cm)
		बढ़ते भार के साथ	घटते भार के साथ		

लम्बाई में वृद्धि व भार के बीच लेखाचित्र का ढाल

$$= \frac{\Delta l}{\Delta M} \text{.....................} \ m/N$$

स्थिरांक $\mu = (\text{ढाल})^{-1} = Nm^{-1}$

8.6 परिणाम

(i) भार व इसके कारण लम्बाई में वृद्धि का लेखाचित्र मूलबिंदु से होकर गुजरने वाली एक सरल रेखा है। अत: लम्बाई में वृद्धि भार के अनुक्रमानुपाती है। अत: हुक का नियम सत्य सिद्ध हुआ।

(ii) स्थिरांक μ (इकाई वृद्धि के लिये लटकाया द्रव्यमान) = ... **kg m^{-1}**

8.7 त्रुटि के स्रोत

(i) यदि बढ़ते व घटते क्रम में समान भारों के लिए पाठ्याँक समान न हों तो इससे विदित होता है कि अधिकतम भार लगाये जाने पर कमानी में स्थायी खिंचाव हो गया है। इस अधिकतम भार के लिये हुक का नियम लागू नहीं होता है।

8.8 देखें आपने क्या समझा

(i) दोलनों का आयाम कम क्यों होना चाहिए?

....

(ii) दोलन केवल ऊर्ध्वाधर ही क्यों होने चाहिये?

....

(iii) अधिक आयाम के ऊर्ध्वाधर दोलनों के आवर्तमाल (प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर) और न्यून आयामों के ऊर्ध्वाधर दोलनों के आवर्तकाल की तुलना कैसे की जा सकती है।?

....

(iv) एक कमानी से विशिष्ट भार लटकाकर इसे चन्द्रमा में ले जाया जाता है। भार का मान गुरुत्वजनित त्वरण के (चन्द्रमा के) कम हो जाने पर कम हो जाता है। इसकी लम्बाई में क्या अन्तर आयेगा? कारण स्पष्ट कीजिए।

....

खण्ड-(ब)

B.1 परिचय

हमारी दो सबसे महत्वपूर्ण ज्ञानेन्द्रियाँ आँख व कान बाह्य उद्दीपनों को प्रकाश (विद्युत चुम्बकीय तरंगो) व ध्वनि (यांत्रिक तरंगों) के रूप में प्राप्त करती हैं। इसलिये तरंगों का अध्ययन अति आवश्यक है।

प्रकाशिकी यानि प्रकाश ऊर्जा के अध्ययन से हमें कई उपकरण जैसे, दृष्टि में सहायक सूक्ष्मदर्शी, दूरदर्शी, चश्मे, फोटोग्राफी- कैमरा जैसे यंत्र व कैलिडोस्कोप जैसे खिलौने प्राप्त हुये हैं। इन सब चीजों ने न केवल सूक्ष्म जगत बल्कि स्थूल ब्रह्माण्ड सम्बंधी ज्ञान में भी हमें एक नवीन अन्तर्दृष्टि प्रदान की है व साथ ही हमारे जीवन की गुणवत्ता में सुधार किया है।

यह सब प्रकाश ऊर्जा व द्रव्यों पर इसके प्रभाव के अध्ययन के फलस्वरूप संभव हुआ है। इसके अलावा प्रकाश ऊर्जा का अध्ययन सरल व मनोरंजक है तथा इसके लिये सरल व कम मूल्य के उपकरणों की आवश्यकता होती है।

प्रकाशिकी-प्रयोगों के लिये सामान्य अनुदेश

(i) वस्तु व पिन प्रतिबिम्बों को देखने के लिये समीपतम पिन की दूरी आँख से कम से कम 25 cm होनी चाहिए।

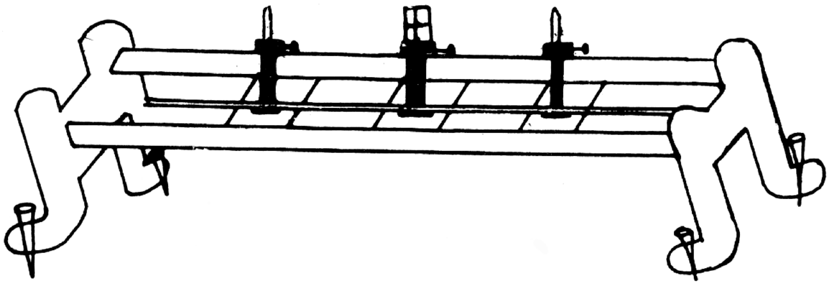
(ii) पिनों का ऊर्ध्वाधर रखा जाना चाहिये व आवश्यक पिनों के सिरों के बीच लंबन-त्रुटि का निराकरण करना चाहिये।

(iii) प्रतिबिम्ब निर्माण के लिए रेखा चित्र खींचने चाहिये व किरणों को तीर-शीर्ष से प्रदर्शित किया जाना चाहिए।

B.2 प्रकाश मंच (प्रकाश वेदिका)

प्रकाश वेदिका 1 मीटर, 1.5 मीटर या 2 मीटर लंबा लकड़ी या लोहे का बना एक क्षैतिज तल होता है (चित्र B-1) वेदिका दोनों ओर दो समतलक पेंचों के ऊपर टिकी रहती है व इसकी लम्बाई मे एक ओर एक मीटर पैमाना लगा रहता है। वेदिका के साथ तीन या चार स्तंभ रहते हैं जिनमें पिन आदि लगाई जा सकें। एक स्तम्भ को वेदिका पर इच्छित

स्थान पर नियत किया जा सकता है व इसमें लगे दर्पण या पिन की स्थिति को इसके आधार के बीच में लगे रेखा–चिन्ह द्वारा पढ़ा जा सकता है।



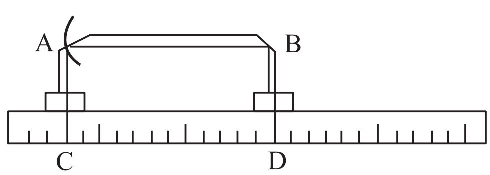
चित्र B-1

प्रकाश वेदिका का समायोजन

(i) वेदिका को स्प्रिट लेबल व समतलक पेंचों की सहायता से समतल करें। इसके लिए एक स्तंभ (upright) के आधार पर लम्बाई की दिशा में स्प्रिट लेबल को रखें ताकि बुलबुला बीच में आ जाय। पुनः चौड़ाई की दिशा में लेबल को रख कर यही समायोजन करें। इसके बाद स्तम्भों के आधार पर स्प्रिट लेबल रखकर पूर्णरूपेण समतलन कर लें।

(ii) प्रयोग की आवश्यकता के अनुसार स्तम्भों (uprights) पर लेंस या दर्पण या पिनों को नियत कर लें। उनकी ऊर्ध्वाधर ऊँचाइयों को इस प्रकार समायोजित करें कि पिनों के शीर्ष व लेन्स/ दर्पण के केन्द्र वेदिका के समान्तर एक क्षैतिज रेखा में आ जाएँ।

बेंच संशोधन (वेदिका संशोधन)



चित्र B-2

प्रकाश वेदिका द्वारा मापन के लिय हम स्तम्भों की सूचक रेखाओं के बीच की दूरी का मापन करते हैं व इसे पिनों के शीर्ष व दर्पण के ध्रुव (या लेन्स के प्रकाश केन्द्र) के बीच की दूरी मानते हैं। स्तम्भ पर अंकित सूचक रेखाऐं पिन के शीर्ष या दर्पण के ध्रुव का सम्भवतया सही मान नहीं दे पाती। इस कारण हुई त्रुटि को वेदिका त्रुटि (Bench error) कहते हें। इस त्रुटि का निराकरण एक दूसरे प्रयोग द्वारा किया जाता है और यह सभी मापों पर लागू होता है।

वेदिका संशोधन = – (वेदिका त्रुटि)

= – (मापी गई दूरी – वास्तविक दूरी)

= वास्तविक दूरी – मापी गयी दूरी

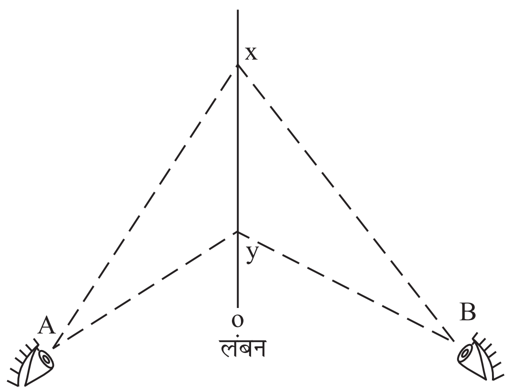
वेदिका संशोधन के लिए दर्पण (या लेंसों) वे पिन शीर्ष एक नियत दूरी पर समायोजित किये जाते हैं। यह समायोजन एक बुनाई की सलाई द्वारा किया जाता है। तब बुनाई की सलाई की लम्बाई पिन व (लेन्स) दर्पण के बीच की दूरी वास्तविक दूरी को दर्शाती है और इनके स्तम्भों के स्तम्भों पर अंकित सूचक रेखाओं के बीच की दूरी से प्रेक्षित मान ज्ञात होता है। चित्र B-2 से

वेदिका संशोधन (Bench correction) $= AB - CD$

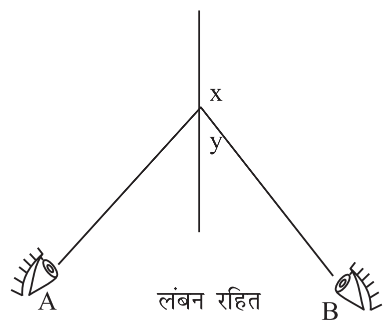
बहुधा वेदिका संशोधन को सूचकांक संशोधन भी कहा जाता है।

लंबन विधि

दो विभिन्न स्थितियों से देखे जाने पर दो वस्तुओं के बीच सापेक्ष अलगाव को लंबन कहा जाता है। यह अलगाव जितना अधिक होता है उतना ही अधिक उन दो वस्तुओं के बीच लंबन होता है।



चित्र B-3



चित्र B-4

चित्र B- 3 में आँख को 0 से A की ओर ले जाने में पिन X अपने बाँयी ओर चलती है व आँख को 0 से B की ओर ले जाने में यह दाँयी ओर चलती है। लेकिन जब X और Y एक दूसरे के ऊपर हों तो कोई लंबन नहीं पाया जाता (चित्र B-4)।

लंबन विधि का उपयोग वास्तविक प्रतिबिम्ब की स्थिति पता करने के लिये किया जाता है। यदि आँख को एक ओर से दूसरी ओर ले जाने में प्रतिबिम्ब पिन का शीर्ष व प्रतिबिम्ब का शीर्ष सम्पाती हों तो उनके बीच बिल्कुल लंबन नहीं होता और प्रतिबिंब पिन वास्तविक प्रतिबिम्ब की स्थिति को दर्शाती है।

प्रयोग-10

(i) वायु स्तंभ में उत्पन्न ध्वनि की तरंग-दैर्घ्य ज्ञात करना।

(ii) अनुनाद स्तंभ व स्वरित्र द्विभुज की सहायता से कमरे के तापमान पर ध्वनि का वेग ज्ञात करना।

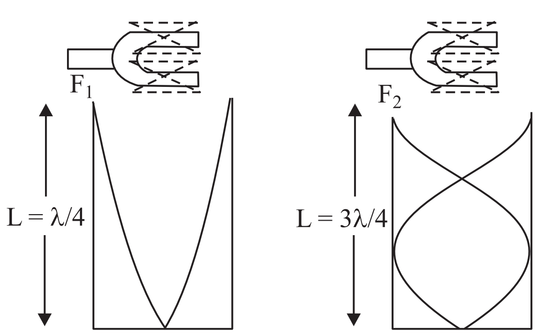
10.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप निम्न बातें जान जाएंगे:

- अनुनाद नली उपकरण का समायोजन;
- अनुनाद की प्रथम व द्वितीय स्थितियाँ ज्ञात करना;
- वायु में ध्वनि तरंग-दैर्घ्य ज्ञात करना;
- वायु में ध्वनि के वेग की गणना करना एवं अनुनाद प्रक्रम को समझना।

10.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आप जानते हैं कि एक नियत लम्बाई के पाइप में बने वायु स्तंभ में ध्वनि की अपनी विशिष्ट स्वाभाविक आवृत्तियाँ होती हैं। उदाहरणार्थ, एक आर्गन पाइप में जो कि एक ओर से बंद हो, व जिसकी लम्बाई L हो, वायु स्तंभ को एक विशिष्ट आवृत्ति के स्वरित्र-त्रिभुज द्वारा कंपित करने पर यह अनुनादित होता है। ट्यूब के नीचे जाने वाली व परावर्तित होर ऊपर आने वाली तरंगों के एक दूसरे पर आरोपित होने पर अनुदैर्घ्य अप्रगामी तरंगें उत्पन्न होती हैं जिनमें बंद सिरे पर एक निस्पंद व खुले सिरे पर एक प्रस्पंद बनता है। (चित्र 10.1)



चित्र 10.1 : विभिन्न आवृत्तियों के लिये एक पाइप में उत्पन्न अप्रगामी अनुदैर्घ्य तरंगें

किसी वायु स्तंभ की अनुनाद आवृत्तियाँ केवल इसकी लम्बाई पर निर्भर करती हैं। यदि बन्द सिरे, परएक निस्पंद (node) व खुले सिरे पर प्रस्पंद (antinode) बने तो इस स्थिति में वायु स्तंभ में केवल सीमित संख्या में ही तरंग दैर्घ्य समा सकती है। किन्तु, आप जानते हैं कि एक निस्पंद व प्रस्पंद के बीच की दूरी $\lambda/4$ होती है पर वायु स्तंभ में अनुनाद की स्थिति उत्पन्न होती है अर्थात् वायु स्तंभ की लम्बाई $\lambda/4$ की एक विषम गुणक होने पर

$$L = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4} \text{ .... आदि}$$

या व्यापक रूप से $L = \dfrac{n\lambda}{4}$ जहाँ $n = 1, 3, 5, ...$ (10.1)

इस समीकरण में λ ध्वनि का तरंग दैर्घ्य है। आपको ज्ञात है कि ध्वनि के तरंग दैर्घ्य व आवृत्ति के बीच निम्न संबंध है।

$$v = f\lambda \tag{10.2}$$

(10.1) व (10.2) को संयुक्त करने पर एक बंद पाइप के लिये

$$f_n = \frac{nv}{4L}, n = 1, 3, 5.............. \tag{10.3}$$

निम्नतम आवृत्ति ($n = 1$) को मूलभूत आवृत्ति व उच्चतर आवृत्तियों को अधिस्वरक कहते हैं। अतः एक L लम्बाई के वायु स्तंभ की विशेष अनुनाद आवृत्तियाँ होती हैं जो कि परिचालक आवृत्तियों के साथ अनुनाद की स्थिति में हैं।

जैसा कि समीकरण (10.3) से स्पष्ट है कि वायु स्तंभ के अनुनाद की स्थिति में तीन प्राचल (*Parameters*) f, V और L निहित हैं। इस प्रयोग में अनुनाद के अध्ययन के लिये वायु स्तंभ की लम्बाई L को एक दी हुई परिचालक आवृत्ति के लिये परिवर्तित किया जाता है। (वायु में तरंग वेग सापेक्ष रूप से नियत है।)

समीकरण (10.1) से स्पष्ट है कि क्रमिक (उत्तरोत्तर) अनुनाद की स्थितियों में वायु स्तंभ की लम्बाइयों में अंतर

$$\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$$

$$L_3 - L_2 = \frac{5\lambda}{4} - \frac{-3\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$$

जहाँ L_1, L_2, L_3 वायु स्तंभ की प्रथम द्वितीय व तृतीय अनुनाद स्थितियों में लम्बाई है।

अतः $\lambda = 2\Delta L$ (10.4)

हम ΔL का मापन करके ध्वनि तरंगों की तरंग-दैर्घ्य ज्ञात कर सकते हैं। तब परिचालक स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति ज्ञात होने पर कमरे के ताप पर वायु का वेग निम्नवत ज्ञात किया जा सकता है।

$$\Delta v = f\lambda = 2f(L_2 - L_1) \qquad (10.5)$$

आवश्यक सामग्री

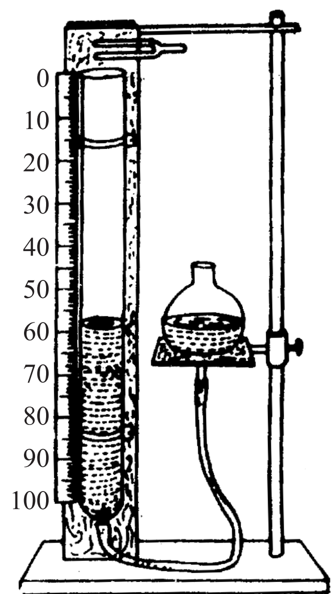
अनुनादी ट्यूब उपकरण, स्वरित्र, रबर का गुटका, मीटर छड़ी (यदि अनुनादी ट्यूब में मापक पैमाना न हो) व एक तापमापी

10.3 प्रयोग-विधि

(i) कमरे का तापक्रम तापमापी द्वारा पढ़ें।

(ii) स्वरित्रों की आवृत्तियाँ नोट करें।

(iii) चित्र 10.2 में अनुनादी ट्यूब उपकरण दर्शाया गया है। इसके तल में लगे समतलक पेंचों व स्प्रिट लेबल की सहायता से इसे ऊर्ध्वाधर करें। जल संग्राहक को पानी से भरकर ऊपर उठायें जिससे कि लंबी ट्यूब में शीर्ष के पास एक बिंदु तक जल का समायोजन हो सके। संग्राहक (Reservoir) को ज्यादा न भरें अन्यथा इसे नीचे किये जाने पर पानी बाहर बहने लगेगा। जल को ट्यूब के ऊपर नीचे करने का अभ्यास कर लें।



चित्र 10.2: अनुनाद नली उपकरण

(iv) ट्यूब के शीर्ष के समीप जल-स्तर का समायोजन करें और फिर स्वरित्र द्विभुज को रबर गुटिका से टकरा करके इसके कंपन उत्पन्न करें। स्वरित्र द्विभुज को कदापि किसी ठोस (सख्त) वस्तु से न टकरायें। इससे स्वरित्र द्विभुज खराब हो सकता है व उसकी अभिलाक्षणिक आवृत्ति में अन्तर आ सकता है। कंपन करते हुये स्वरित्र द्विभुज को ट्यूब के खुले मुँह से थोड़ा ऊपर क्षैतिज स्थिति में पकड़ें जिससे कि ध्वनि ट्यूब में प्रवेश कर सके (ज्ञातव्य है कि स्वरित्र द्विभुज से उत्पन्न ध्वनि का संचरण दिशा आधारित है। एक कंपन करते द्विभुज व अपने कान द्वारा ध्वनि के इस दिशिक अभिलक्षण का अध्ययन करें।

(v) संग्राहक को आधार स्तंभ पर एक निम्नतर स्थिति में लाइये। एक पिंच-कार्क (Pinch cork) की सहायता से ट्यूब में जल स्तर को इस प्रकार समायोजित करें

ताकि तल 1 सेन्टीमीटर के चरणों में कम हो। स्वरित्र को प्रत्येक बार ट्यूब के मुह के पास लायें। इस क्रिया को तब तक करें जब तक कि तेज ध्वनि न सनायी दे।

(vi) अत तल स्तर को 1 मिलीमीटर के चरणों में घटा-बढ़ा कर वह स्थिति ज्ञात करें जबकि अधिकतम ध्वनि सुनाई दे। यह प्रथम अनुनाद की स्थिति है।

(vii) पैमाने पर प्रथम अनुनाद के लिये जल स्तर की वास्तविक स्थिति ज्ञात करें (स्थिति पता करने के लिये ट्यूब के ऊपरी सिरे से लम्बाई मापें)। प्रयोग की तीन बार पुनरावृत्ति करें।

(viii) इस प्रयोग को द्वितीय अनुनाद स्थिति के लिये दोहरायें। इस समय वायु स्तम्भ की लम्बाई पहली लम्बाई की लगभग तीन गुनी होगी।

(ix) प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थितियों में वायु स्तंभ की औसत लम्बाई ज्ञात करें। तब उनके बीच अन्तर द्वारा तरंग दैर्घ्य ज्ञात करें व द्विभुज की ज्ञात आवृत्ति से ध्वनि का वेग ज्ञात करें।

10.4 प्रेक्षण

वायु का तापमान = ...

सारणी 10.1: अनुनाद स्थितियों के लिये सारणी

<table>
<tr><th rowspan="2">क्र० सं०</th><th rowspan="2">स्रोत आवृत्ति (H_z)</th><th colspan="4">अनुनाद की प्रथम स्थिति</th><th colspan="5">अनुनाद की द्वितीय स्थिति</th></tr>
<tr><th>1 cm</th><th>2 cm</th><th>3 cm</th><th>औसत cm</th><th>L_1 cm</th><th>1 cm</th><th>2 cm</th><th>3 cm</th><th>औसत L_2 cm</th></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

10.5 गणनाऐं

(a) प्रथम अनुनाद के लिये वायु स्तंभ की लम्बाई L_1 = ... cm

द्वितीय अनुनाद के लिये वायुस्तंभ की लम्बाई L_2 = ... cm

$\Delta L = L_2 - L_1$ = ... cm

(b) वायु में ध्वनि का वेग $2f\Delta L$ = ... ms^{-1}

(c) कमरे के तापमान पर वायु वेग का शुद्ध मान (नियतांक सारणी से देख कर)
= ....

(d) परिणाम में प्रतिशत त्रुटि = $\dfrac{\text{प्रेक्षित मान} - \text{शुद्ध मान}}{\text{शुद्ध मान}} \times 100$

= ....%

10.6 परिणाम

(i) वायुस्तंभ में तरंगों का तरंगदैर्घ्य = ... m

(ii) .... ^{0}C तापमान पर वायु में ध्वनि का वेग = ...ms^{-1} प्राप्त हुआ। शुद्ध मान .... है व प्रतिशत त्रुटि .... है।

10.7 देखें आपने क्या समझा

(i) एक 128 हर्त्ज के ध्वनि स्रोत को एक अनुनाद नली के ऊपर पकड़ते हैं। वायु स्तंभ की 20 ^{0}C पर प्रथम व द्वितीय अनुनाद लम्बाईयाँ ज्ञात करें (वायु में ध्वनि का वेग तापमान पर निर्भर करता है और इसे निम्न संबंध से प्रदर्शित किया जाता है

$V_t = 331.4 + 0.6\ t$ m/s जहाँ t^{0} सेल्सियस में वायु का तापमान है।

....

(ii) आप वायु में ध्वनि का वेग व तरंगदैर्घ्य ज्ञात करने के लिये प्रथव व द्वितीय स्थिति में अनुनादित वायु स्तंभों की लम्बाई में अन्तर का उपयोग क्यों करते हैं?

....

(iii) माना कि किसी समय प्रयोगशाला का तापक्रम आपके प्रयोग में वातावरण के तापक्रम से 5^{0} सेल्सियस अधिक है। इस तापान्तर का अनुनादित वायु स्तंभ की लम्बाई पर क्या प्रभाव होगा?

....

प्रयोग-11

एक अनुनाद में प्रथम व द्वितीय अनुनाद की स्थितियाँ उत्पन्न करके दो स्वरित्र-द्विभुजों की आवृत्तियों की तुलना करना।

11.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- अनुनाद नली उपकरण का प्रयोग कर सकेंगे;
- प्रथव व द्वितीय अनुनाद स्थितियाँ उत्पन्न करना और उन्हें पहचानना सीख सकेंगे;
- दिये गये स्वरित्र द्विभुजों की आवृत्तियों की तुलना करना सीख सकेंगे।

11.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

पिछले प्रयोग से आपका ज्ञात है कि एक कंपित स्वरित्र द्विभुज की सहायता से एक वायु स्तंभ को अनुनादित किया जा सकता है। जब वायु-स्तंभ की लम्बाई $\lambda/4$ की विषम गुणक हो तो यह अनुनादित होता है। हमें यह भी ज्ञात है कि यदि दो क्रमिक अनुनादों के लिये वायु स्तंभों की लम्बाई में अन्तर ΔL हो तो, ध्वनि तरंग की तरंग दैर्घ्य

$$\lambda = 2\Delta L \qquad (11.1)$$

यदि f ध्वनि स्रोत की आवृत्ति हो तो वायु वेग

$$v = f\lambda \qquad (11.2)$$

चूँकि एक दी गई स्थिति में वायु का वेग नियत होता है इसलिये तो दो स्वरित्र द्विभुजों के लिये जिनकी आवृत्तियाँ f व f_2 हों

$$f_1 \lambda_1 = f_2 \lambda_2 \qquad (11.3)$$

इसे (12.1) के साथ संयोजित करने पर

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\Delta L_2}{\Delta L_1} \qquad (11.4)$$

टिप्पणियाँ

आवश्यक सामग्री

अनुनाद ट्यूब उपकरण, स्वरित्र द्विभुज, रबर का गुटका, मीटर छड़ी (यदि अनुनाद नली में मापक पैमाना न लगा हो तो)।

11.3 प्रयोग का समायोजन

(i) प्रयोग (11) में दी गयी विधि के (i) से (vii) तक के चरणों का अनुकरण करें।

(ii) दूसरे स्वरित्र द्विभुज के लिये प्रयोग को दोहरायें।

(iii) प्रेक्षण सारणी में दोनों स्वरित्र द्विभुजों की प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थिति के मान लिखें।

(iv) प्रत्येक अनुनादित स्तंभ लम्बाई के लिये तीन प्रेक्षणों का माध्य ज्ञात करें।

(v) दोनों स्वरित्र द्विभुजों के लिये प्रथव व द्वितीय अनुनाद स्थितियों में वायु स्तंभ की लम्बाईयों का अन्तर ΔL ज्ञात करें।

(vi) दोनों स्वरित्र द्विभुजों के लिये ΔL का अनुपात ज्ञात करें।

11.4 प्रेक्षण

क्र.सं.	स्वरित्र द्विभुज	प्रथम अनुनाद की स्थिति				द्वितीय अनुनाद की स्थिति			
		1	2	3	औसत	1	2	3	औसत
1									
2	प्रथम								
3									
1									
2	द्वितीय								
3									

11.5 गणनायें

(i) प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थितियों के बीच का अन्तर (प्रथम स्वरित्र द्विभुज के लिये) = ... cm

(ii) प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थितियों के बीच का अन्तर (द्वितीय स्वरित्र द्विभुज के लिये) = ... cm

(iii) $\frac{f_1}{f_2} = \frac{\Delta L_2}{\Delta L_1}$ = ... cm

11.6 परिणाम

दिये गये स्वरित्र द्विभुजों की आवृत्तियों के अनुपात का मान .... प्राप्त हुआ।

11.7 देखें आपने क्या समझा

(i) स्वरित्र द्विभुज को एक रबर के गुटके से टकरा कर कंपित किया जाना चाहिये या किसी दृढ़ वस्तु से? व्याख्या करें।

....

(ii) एक अनुनाद नली की पूर्ण लम्बाई 1 मीटर है। इस पूरी लम्बाई में कितनी अनुनाद स्थितियों के प्रेक्षण प्राप्त किये जा सकते हैं।

(a) 500 हर्त्ज, (b) 1000 हर्त्ज हो (वायु में ध्वनि का वेग = 347 ms^{-1})

....

(iii) एक ध्वनि के स्रोत को अनुनाद नली के ऊपर पकड़ा जाता है व इस स्थिति में स्रोत से नली में जल स्तर के बीच दूरी 10 सेन्टीमीटर होने पर अनुनाद होता है। पुनः यह दूरी 26 सेन्टीमीटर होने पर अनुनाद प्राप्त होता है। यदि वायु का तापमान 20^0C हो तो स्रोत की आवृत्ति की गणना करें। t तापक्रम पर वायु का वेग V निम्नवत है–

$V_t = 331.4 + 0.6\, t\ ms^{-1}$

....

प्रयोग-13

दिये गये अवतल दर्पण के लिये u के विभिन्न मानों के सापेक्ष v के मान ज्ञात करें व 1/u एवं 1/v के बीच लेखाचित्र बनाकर उसके द्वारा फोकस-दूरी ज्ञात करें।

13.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप

- प्रकाश वेदिका का समायोजन कर सकेंगे.
- वेदिका त्रुटि ज्ञात कर सकेंगे;
- दर्पण की अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे;
- u के विभिन्न मानों के लिये v के मान ज्ञात कर सकेंगे;
- $1/u$ व $1/v$ के बीच लेखाचित्र बना सकंगे;
- लेखाचित्र का विश्लेषण करना और उसके द्वारा दिये गये अवतल दर्पण की पफोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे।

13.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आपको ज्ञात है कि अवतल दर्पण के लिए f फोकस दूरी u (वस्तु की दूरी) एवं v (प्रतिबिम्ब की दूरी) में निम्न संबंध है।

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{v}+\frac{1}{u} \Rightarrow \frac{1}{v}=-\frac{1}{u}+\frac{1}{f} \qquad (13.1)$$

समीकरण (13.1) की तुलना ऋजु रेखा के मानक समीकरण $y = mx + c$ से करने पर हम पाते हैं कि $1/v$ व $1/u$ के बीच आलेख एक ऋजु रेखा है जिसकी ढाल (–1) है व यह y–अक्ष को $1/f$ लम्बाई पर काटती है। इसकी सहायता से हम दिये गये दर्पण की नाभीय लम्बाई ज्ञात कर सकते हैं।

आवश्यक सामग्री

अवतल दर्पण, प्रकाश वेदिका जिसमें तीन स्तंभ हों, दर्पण पकड़ने की व्यवस्था (मिरर होल्डर), दो पिनें, बुनाई की सलाइयाँ, मीटर दंड, स्प्रिट लेबल।

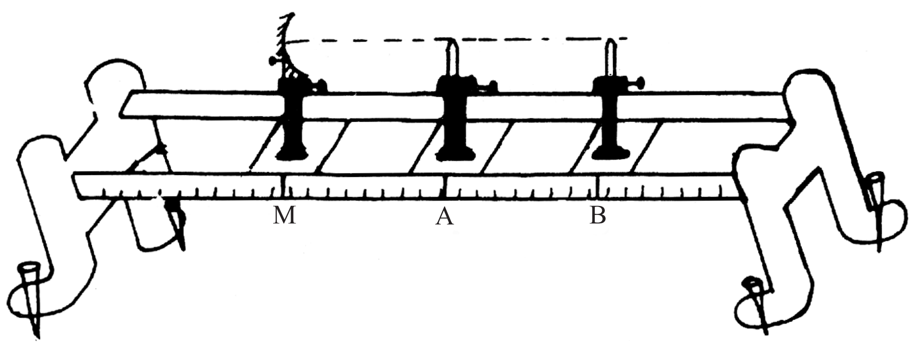
13.3 प्रयोग का समायोजन

(i) एक स्तंभ को प्रकाश वेदिका में शून्य अंक पर स्थापित करें व इसमें एक दर्पण होल्डर रखें।

(ii) दो अन्य पिन लगे स्तंभों को प्रकाश वेदिका में विभिन्न स्थानों पर रखें।

(iii) प्रकाश वेदिका को समतलन पेचों व स्प्रिट लेबल की सहायता से समतल करें।

(iv) दर्पण को मिरर होल्डर में लगायें व पिनों को इस प्रकार लगायें ताकि पिनों के सिरे व दर्पण का ध्रुव एक क्षैतिज रेखा में हो (चित्र 13.1)



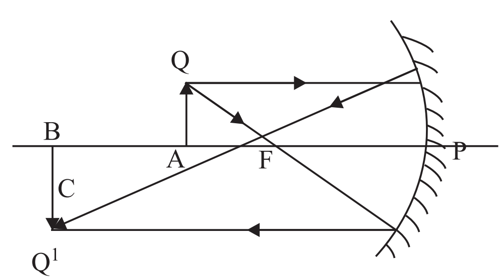
चित्र 13.1: प्रयोगिक समायोजन

13.4 प्रयोग विधि

(a) वेदिका त्रुटि का मापन

(i) बुनाई की सलाई को मीटर पैमाने की दिशा में रखें व इसके दो किनारों की स्थिति को पैमाने पर पढ़ें। लम्बन त्रुटि का निराकरण बुनाई की सलाई की लम्बाई l ज्ञात करें।

(ii) बुनाई की सलाई के प्रयोग से वस्तु पिन को इस प्रकार समायोजित करें ताकि पिन के शीर्ष व दर्पण के ध्रुव के बीच की दूरी l हो। अब दर्पण व वस्तु पिन A की स्थितियाँ वेदिका पैमाने पर पढ़ें और प्रकाश वेदिका पैमाने पर उसी बुनाई वाली सलाई की प्रेक्षित लम्बाई, l ज्ञात करें।



चित्र 13.1: किरण आरेख

टिप्पणियाँ

(iii) पिन A के लिये वेदिका संशोधन $l\text{-}l_1$, प्राप्त करें।

(iv) प्रतिबिम्ब पिन B के लिये भी समान विधि का प्रयोग करें।

(b) दर्पण की अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात करना

(v) दर्पण धारक से दर्पण को निकाल कर इस प्रकार पकड़ें कि किसी दूर की वस्तु का स्पष्ट प्रतिबिम्ब दीवार पर प्राप्त हो।

(vi) मीटर पैमाने की सहायता से दर्पण व दीवार के बीच की दूरी मापें। यह दर्पण की अनुमानित फोकस दूरी (f_1) हुई।

(c) u के विभिन्न मानों के लिए v के मान ज्ञात करना

(vii) दर्पण को पुनः दर्पण-धारक पर नियत करें।

(viii) वस्तु पिन A को f_1 व $2f_2$ के बीच एक बिंदु पर इस प्रकार रखें ताकि दर्पण पर देखने पर A का स्पष्ट, वास्तविक व काफी बड़ा प्रतिबिम्ब दिखायी दे।

(ix) प्रतिबिम्ब पिन B को $2f_1$, से दूर इस प्रकार रखें ताकि पिन B व A के प्रतिबिम्ब के शीर्षों के बीच कोई लंबन त्रुटि न हो।

(x) पिन B को नियत करें।

(xi) (ii) व (iii) चरणों को f_1 व $2f_1$ के बीच पिन A की विभिन्न स्थितियों के लिये दोहरायें यह देखते हुये कि प्रतिबिम्ब काफी बड़ा प्राप्त हो।

(xii) प्रेक्षणों का अभिलेखन सारिणी 13.1 के समान करें।

(xiii) प्रत्येक प्रेक्षण के लिये $1/u$ वे $1/v$ मान u व v के मान मीटर में लेते हुये ज्ञात करें।

(xiv) $1/u$ को x-अक्ष व $1/v$ को y-अक्ष में लेकर एक लेखाचित्र बनायें।

(xv) y-अक्ष में रेखा द्वारा कटे अंतः खंड का मान पढ़ें। इसका व्युत्क्रम फोकस दूरी का मान देता है।

13.5 प्रेक्षण

(a) वेदिका त्रुटि ज्ञात करना

बुनाई की सलाई की लम्बाई l =........................ cm

दर्पण का ध्रुव व पिन A से l दूरी पर रखें हो तो प्रकाश वेदिका पैमाने पर प्रेक्षित यह अलगाव दूरी

अर्थात् L_1 = ... cm

दर्पण व पिन B के बीच का प्रेक्षित अलगाव l_2 = ... cm

u के लिये वेदिका संशोधन $(l - l_1) = X_1$ = ... cm

u के लिये वेदिका संशोधन = $(l - l_2) = X_2$ = ... cm

(b) मोटे अनुमान द्वारा दर्पण की फोकस-दूरी

(i) f_1 = ... cm, (ii) .... cm, (iiii) .... cm

अनुमानित फोकस दूरी का माध्य मान = ... cm

सारणी 13.1: u और v के प्रेक्षण

क्रम सं॰	स्थिति			वस्तु की दूरी		प्रतिबिम्ब की दूरी			
	दर्पण cm	वस्तुपिन cm	प्रतिबिम्ब cm	प्रेक्षित मान cm	संशोधित cm	प्रेक्षित मान cm	संशोधित cm	1/u m^{-1}	1/v m^{-1}
1									
2									
3									
4									
5									
6									

13.6 न्यास-विश्लेषण

$\frac{1}{u}$ व $\frac{1}{v}$ के बीच लेखाचित्र पार्श्व चित्र में दर्शाया गया है।

बिंदु D का Y – निर्देशांक = OD = ... m^{-1}

$$\Rightarrow f = \frac{1}{OD} = ...m$$

बिंदु C का X – निर्देशांक = OC = ... m^{-1}

ढाल = - OD/OC = ...

13.7 निष्कर्ष

(i) $1/u$ व $1/v$ के बीच आलेख एक ऋजु रेखा है जिसका ढाल .... है।

(ii) दिये गये अवतल दर्पण की फोकस दूरी = ... m

13.8 त्रुटि के स्रोत

(i) बहुधा लंबन-त्रुटि के कारण मापन में त्रुटि होती है अतः इसे सावधानी पूर्वक दूर करना चाहिये।

13.9 देखें आपने क्या समझा

(i) लंबन से आप क्या समझते हैं? एक पिन के शीर्ष व दूसरे पिन के वास्तविक प्रतिबिम्ब की नोंक के बीच इसे किस प्रकार दूर किया जाता है?

....

(ii) एक वस्तु को अवतल दर्पण से दूर ले जाने पर प्रतिबिम्ब का आकार कैसे परिवर्तित होता है?

....

(iii) आपको अवतल दर्पण के समक्ष कब किसी वस्तु का आभासी प्रतिबिम्ब प्राप्त होगा?

....

(iv) वास्तविक प्रयोग से पूर्व अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात करने का क्या महत्व है?

....

(v) आपको एक वृत्ताकार दर्पण दिया गया है। आप कैसे ज्ञात करेंगे कि यह अवतल है, समतल है या उत्तल है?

....

(vi) हम छोटे गोलीय दर्पणों का प्रयोग क्यों करते हैं?

....

(vii) क्या आप इस विधि से उत्तल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात कर सकते हैं? व्याख्या करें।

....

(viii) इस प्रयोग में f का ज्ञात करने के लिये कोई वैकल्पिक विधि सुझायें जिसमें लेखाचित्र द्वारा ही यह मान ज्ञात किया जाय।

....

(ix) इस प्रयोग में यदि दो पिनों के स्थान पर मोमबत्ती व पर्दा दिया जाय तो क्या तब भी आप इस प्रयोग को कर सकेंगे? व्याख्या करें।

....

(x) यदि आपको केवल एक ही पिन दी जाय तो क्या इसके प्रयोग द्वारा दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात पर पायेंगे? व्याख्या करें।

....

प्रयोग-14

1/u एवं 1/v के बीच लेखाचित्र बनाकर एक उत्तल लेंस की फोकस (f) दूरी ज्ञात करना।

14.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- प्रकाश वेदिका का समायोजन कर सकेंगे;
- वेदिका संशोधन ज्ञात कर सकेंगे;
- लेन्स की अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे;
- u के विभिन्न मानों के लिये v की गणना कर सकेंगे;
- $1/u$ एवं $1/v$ के बीच लेखाचित्र बना सकेंगे; और
- लेखाचित्र के विश्लेषण द्वारा लेन्स की फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे।

14.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आप जानते हैं कि हवा में रखे एक लेन्स के लिये वस्तु की दूरी u व प्रतिबिंब की दूरी v के बीच निम्न संबंध है।

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{v}+\frac{1}{u}\Rightarrow\frac{1}{v}=-\left(\frac{1}{u}\right)+\frac{1}{f} \qquad (14.1)$$

इस समीकरण की तुलना ऋजु रेखा के मानक समीकरण अर्थात $y = mx + c$ से करने पर, हमें ज्ञात होता है कि $1/u$ व $1/v$ के बीच आलेख एक ऋजु रेखा है जिसका ढाल (−1) है व यह y- अक्ष पर $1/f$ लम्बाई का अंतः खण्ड बनाती है।

आवश्यक सामग्री

उत्तल लेंस, स्तम्भों सहित प्रकाश वेदिका, लेन्स धारक, दो पिनें, बुनाई की सलाई, मीटर छड़, स्प्रिट लेबल।

टिप्पणियाँ

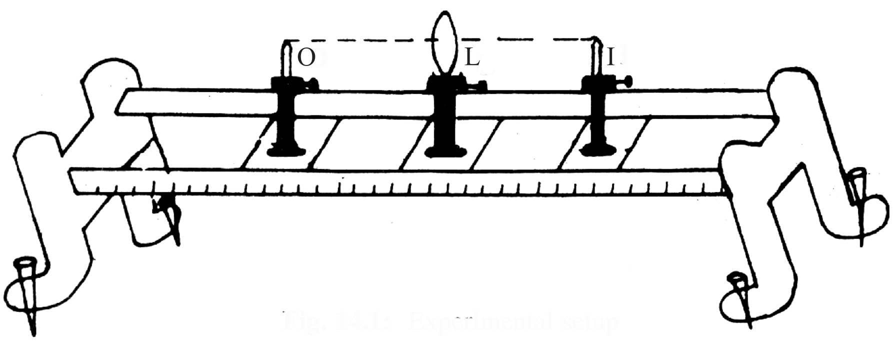
14.3 प्रयोग का समायोजन

(i) एक स्तंभ को 50 सेन्टीमीटर चिन्ह पर नियत करें व इसमें एक लेंस-धारक व लेंस लगायें।

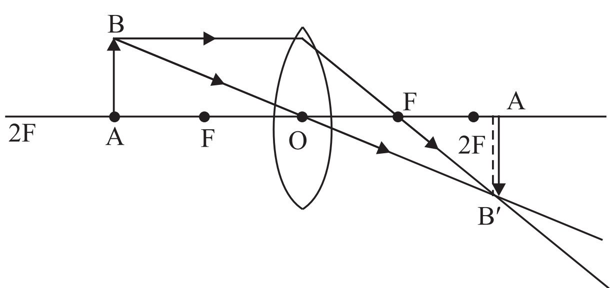
(ii) लेंस के दोनों ओर अन्य दो पिन लगे स्तंभ प्रकाश वेदिका में समायोजित करें।

(iii) प्रकाश वेदिका को स्प्रिट लेबल व समतलक पेंचों की सहायता से समतल करे।

(iv) चित्र 14.1 की भाँति लेंस के केन्द्र व पिनों के शीर्षों को एक क्षैतिज रेखा में समायोजित करें।



चित्र 14.1: प्रायोगिक समायोजन



चित्र 14.2: किरण आरेख

14.4 प्रयोग-विधि

(A) वेदिका संशोधन ज्ञात करना

(i) बुनाई की सलाई को पैमाने की लम्बाई की दिशा में रखें व पैमाने पर इसके दोनों सिरो का पाठ्याँक लें (लंबन का निराकरण करते हुये)। बुनाई की सलाई की लम्बाई l ज्ञात करें।

(ii) वस्तु पिन O की स्थिति का समायोजन इस प्रकार करें कि लेन्स के केन्द्र व पिन के शीर्ष की दूरी l हो। प्रकाश वेदिका पैमाने पर लेंस व वस्तु पिन O की स्थिति

को नोट करें और बुनाई की सलाई की प्रेक्षित लम्बाई l ज्ञात करें।

(iii) वस्तु पिन O के लिये वेदिका संशोधन $(l - l_1)$ का मान ज्ञात करें।

(iv) प्रतिबिम्ब पिन I के लिये भी यही विधि दोहरायें व वेदिका संशोधन $(l - l_2)$ ज्ञात करें।

(B) लेंस की अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात करना

(v) लेंस को लेंस धारक से अलग करके इस प्रकार पकड़ें ताकि एक दूर की वस्तु का स्पष्ट प्रतिबिम्ब दीवार पर मिले।

(vi) मीटर पैमाने की सहायता से लेन्स व दीवार की दूरी ज्ञात करें।

(vii) यही लेन्स की सन्निकट फोकस दूरी f है।

(C) u के विभिन्न मानों के लिये v के मान ज्ञात करना।

(viii) वस्तु पिन O को लेन्स के सापेक्ष f_1 व $2f_1$ के बीच नियत करें। लेंस के दूसरी ओर से देखें ताकि लेंस द्वारा बना स्पष्ट, वास्तविक बड़ा व उल्टा प्रतिबिम्ब प्राप्त हो।

(x) प्रतिबिम्ब पिन I को $2f_1$ के परे ले जायें व O के प्रतिबिंब की नोंक व I की नोंक के बीच लंबन को दूर करें (यह देखें कि आँख को दाँये, बाँये घुमाने पर दोनों नोकें हमेशा सम्पर्क में रहती हैं।) लेंस के दूसरी ओर भी देख लें कि पिन O की नोंक व पिन I के प्रतिबिम्ब की नोंक के बीच लंबन दूर हो गया है। (I को वस्तु लेकर)

(xi) I को भी नियत करें। प्रकाश वेदिका पैमाने पर स्तंभों L व O के बीच की अलगाव दूरी (यानि u) ज्ञात करें तथा व I के बीच की दूरी (यानि v) भी निकालें।

(xii) वस्तु पिन O की विभिन्न स्थितियों के लिये पाँच या छह बार (ii) से (iv) तक के चरणों की पुनरावृत्ति करें। इसे हमेशा f_1 से बाहर रखें ताकि उल्टा प्रतिबिम्ब प्राप्त हो।

(D) लेखाचित्र बनाकर f की गणना

(xiii) u व v को मीटर में लेते हुये $1/u$ व $1/v$ के मान प्राप्त करें।

(xiv) $\left(\frac{1}{u}\right)$ को x-अक्ष व $\left(\frac{1}{v}\right)$ को y-अक्ष में लेकर लेखाचित्र बनायें। दोनों अक्षों पर पैमाना समान रखें। प्रत्येक अक्ष पर शून्य मान से प्रारम्भ करें। इस आलेख में उन मानों को भी दर्शायें जो u व v के मानों के आपस में विनिमय करने पर प्राप्त होते हों क्योंकि आपने I को वस्तु लेकर लेंस के दूसरी ओर भी लंबन त्रुटि का निराकरण किया था।

(xv) किसी भी अक्ष पर अंत: खण्ड के मान को पढ़ें। इसका व्युत्क्रम ही फोकस दूरी का मान देता है।

14.5 प्रेक्षण

(A) वेदिका संशोधन का मान ज्ञात करना

बनुाई की सलाई की लम्बाई l .... cm

प्रकाश वेदिका पैमाने पर लेन्स व वस्तु पिन O के बीच की प्रेक्षित दूरी जबकि उनका अलगाव l हो अर्थात l_1 = ... cm

लेंस व प्रतिबिम्ब पिन के बीच की दूरी का प्रेक्षित मान जबकि उनका अलगाव l हो अर्थात l_2 = ... cm

वस्तु की दूरी के लिये वेदिका संशोधन $x = (l - l_1)$ cm

प्रतिबिम्ब की दूरी के लिये वेदिका संशोधन $y = (l - l_2)$ cm

(B) अनुमानित फोकस दूरी

f_1 = ...cm, ...cm, ...cm

अनुमानित लम्बाई का माध्य मान = ...cm

(C) u व v के लिये प्रेक्षण

क्रम. सं.	स्थिति			वस्तु की दूरी		प्रतिबिम्ब की दूरी		$1/u$	$1/v$
	लेंस O cm	वस्तु पिन A cm	प्रतिबिम्ब पिन A_1 cm	प्रेक्षित मान OA cm	संशोधित मान OA cm	प्रेक्षित मान OA^1 cm	संशोधित मान OA^1 cm	m^{-1}	m^{-1}
1									
2									
3									
4									
5									
6									

14.6 न्यास विश्लेषण

$1/u$ व $1/v$ का आलेख चित्र 14.3 में दर्शाया गया है।

बिंदु C का x–निर्देशाँक

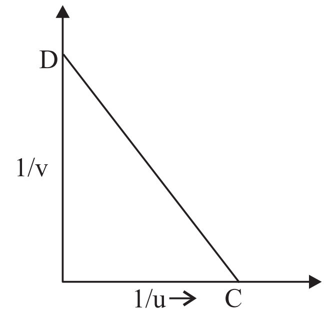
PC = ... m^{-1} $f = \dfrac{1}{OC} m = a$

टिप्पणियाँ

बिंदु D का y– निर्देशांक OC = ... m^{-1}

$$f = \frac{1}{OD} m = a$$

माध्य मान = $\frac{a+b}{2}$ m



चित्र 14.3:

14.7 निष्कर्ष

(i) $1/u$ व $1/v$ के बीच आलेख एक सीधी रेखा है जिसका ढाल = –1 (क्यांकि a = b)

(ii) दिये गये उत्तल लेंस की फोकस दूरी f = ...cm

14.8 त्रुटि के स्रोत

(i) इस प्रयोग में लेंस की मोटाई को नगण्य (शून्य) मान लिया गया है।

14.9 देखें आपने क्या समझा

(i) लेंसों के कुछ व्यवहारिक उपयोग बताएें।

....

(ii) आपके पास एक समतलोत्तल लेन्स है जिसका अपवर्तनांक μ = 1.5 व वक्रता त्रिज्या R है। इसकी फोकस दूरी का R के साथ क्या संबंध है।

....

(iii) एक लेंस की शक्ति –2.5 डायोप्टर है।

(a) इसकी फोकस दूरी क्या है? (b) यह अभिसारी है या अपसारी?

....

(iv) क्या आाप एक मोमबत्ती व एक पर्दे की सहायता से प्रयोग कर सकते हैं?

....

(v) यदि एक लेंस का अपवर्तनाँक μ = 1.5 हो और इसे μ = 4/3 के द्रव में डुबाया जाये तो इसकी फोकस दूरी कैसे परिवर्तत होगी।

....

(vi) किसी वस्तु को उत्तल लेंस के सामने किस स्थिति में रखें जिससे कि प्रतिबिंब की लम्बाई वस्तु की लम्बाई के बराबर हो?

....

(vii) क्या उत्तल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिम्ब सदैव वास्तविक होता है?

....

(viii) एक पिन व एक समतल दर्पण की सहायता से आप एक उत्तल लेंस की फोकस दूरी कैसे ज्ञात करेंगे।

....

प्रयोग–16

एक उपयुक्त उत्तल लेंस के साथ संयुक्त करके दिये गये अवतल लेंस की फोकस दूरी ज्ञात करें।

16.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- एक उपयुक्त उत्तल लेंस का चयन कर सकेंगे जो कि दिये हुये अवतल लेंस के साथ अभिसारी संयोग बनाता है;
- लेंस सूत्र के लिये प्रकाश वेदिका का समायोजन कर सकेंगे;
- वेदिका संशोधन ज्ञात कर सकेंगे;
- उत्तल लेंस की व लेंस-युग्म की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे;
- उत्तल लेंस व लेंस युग्म दानों के लिए u के विभिन्न मानों को सापेक्ष v के मान ज्ञात कर सकेंगे;
- उत्तल लेंस, लेंस युग्म व अवतल लेंसों की फोकस दूरियों की गणना कर सकेंगे।

16.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

यदि f_1 व f_2 फोकस दूरी के लेंसों को सम्पर्क में रखा जाय तो युग्म की फोकस दूरी F निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात की जाती है।

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \tag{16.1}$$

नयी कार्टिजन चिन्ह परिपाटी के अनुसार अवतल लेंस की फोकस दूरी ऋणात्मक व उत्तल लेन्स की धनात्मक होती है।

अत: यदि प्रथम लेन्स उत्तल व द्वितीय लेन्स अवतल हो तो युग्म की फोकस दूरी F

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \Rightarrow F = \frac{f_1 f_2}{f_2 - f_1} \tag{16.2}$$

टिप्पणियाँ

जहाँ f_1 व f_2 फोकस दूरियों के परिमाप हैं।

समीकरण (16.1) से स्पष्ट होता है कि यदि f_2 का मान f_1 से अधिक है तो युग्म एक अभिसारी (उत्तल लेंस) की भाँति व्यवहार करेगा।

दो पिन विधि द्वारा उत्तल लेंस की फोकस दूरी f_1 व युग्म की फोकस दूरी f ज्ञात करें। अवतल लेंन्स की फोकस दूरी निम्न सूत्र से ज्ञात की जा सकती है।

$$f_2 = \frac{f_1 F}{f_1 - F} \qquad (16.3)$$

आवश्यक सामग्री

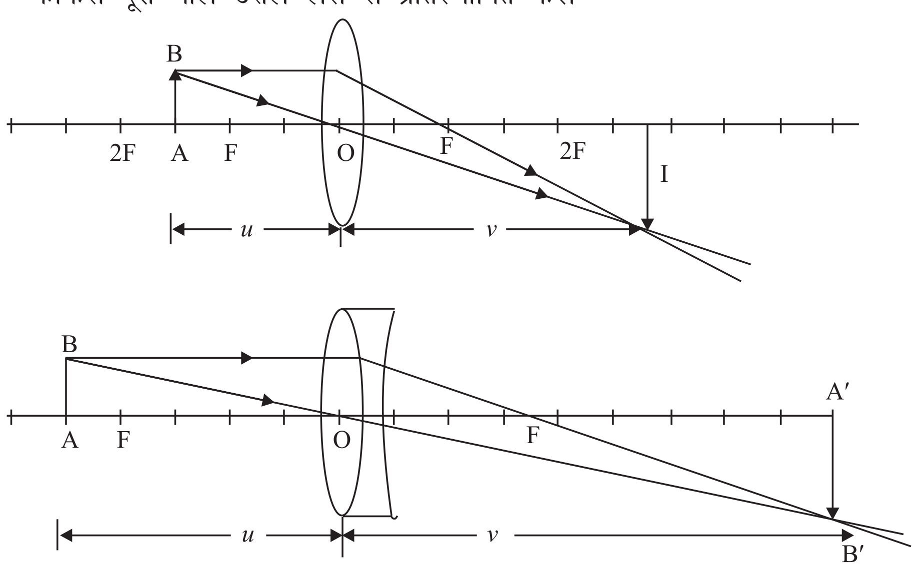
प्रकाश वेदिका (तीन स्तंभों सहित), बुनाई की सलाई, दो पिनें, लेंस धारक, अवतल लेन्स, सेलोटेप, स्प्रिट लेबल, आधा मीटर की छड़।

टिप्पणी: लेंसों का चयन इस प्रकार करना चाहिए कि लेंसों के युग्म की फोकस दूरी 20 cm से अधिक न हो। उदाहरण के लिए 10 cm एवं 20 cm।

16.3 प्रयोग का समायोजन

(i) समतलक पेंचों व स्प्रिट लेबल की सहायता से प्रकाश वेदिका को समतल करें।

(ii) इस बात की जाँच करें कि दिये गये अवतल लेन्स के सम्पर्क में उत्तल लेन्स पास की वस्तु का बड़ा प्रतिबिम्ब बनाता है। यदि यह छोटा प्रतिबिम्ब बनाये तो इसे कम फोकस दूरी वाले उत्तल लेंस से प्रतिस्थापित करें।



चित्र 17.1: किरण आरेख

टिप्पणियाँ

(iii) उत्तल लेंस को प्रकाश वेदिका के बीच में नियत करें व इसके दोनों ओर एक-एक पिन रखें। लेन्स के केन्द्र व पिनों के शीर्षो का समायोजन एक सीधी (क्षैतिज) रेखा में करें।

16.4 प्रयोग-विधि

(i) मीटर पैमाने द्वारा उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात करें (एक दूर की वस्तु का प्रतिबिम्ब दीवार पर बनाकर)।

(ii) बीच के स्तंभ में एक लेन्स धारक में लेन्स को नियत करें। वस्तु पिन *AB* को लेन्स के एक ओर अनुमानित फोकस दूरी से कुछ दूरी पर रखें।

(iii) प्रतिबिम्ब पिन को विस्थापित करें व इसके शीर्ष व लेंस द्वारा *AB* के प्रतिबिम्ब *A'B'* के बीच लंबन दूर करें।

(iv) u व v के संशोधित सूचकांक मान ज्ञात करें।

(v) प्रयोग को u के चार या पाँच विभिन्न मानों के लिये दोहरायें।

(vi) अवतल लेंस को उत्तल लेन्स के सम्पर्क में रखें व इनके किनारों को सेलोटेप की सहायता से नियत करें।

(vii) (ii), (iii), (iv) व (v) चरणों की पुनरावृत्ति करके उत्तल लेंस की फोकस दूरी ज्ञात करें।

16.5 प्रेक्षण

(i) उत्तल लेन्स की सन्निकट फोकस दूरी = ... cm

युग्म की सन्निकट फोकस दूरी = ... cm

बुनाई की सलाई की वास्तविक लम्बाई l = ... cm

उत्तल लेन्स व प्रतिबिम्ब पिन के बीच बुनाई की सलाई की लंबाई के सापेक्ष प्रेक्षित मान l_1 = ... cm

उत्तल लेन्स व प्रतिबिम्ब पिन के बीच बुनाई की सलाई की लंबाई के सापेक्ष प्रेक्षित मान l_2 = ... cm

वस्तु पिन के लिये सूचकांक संशोधन $x = l - l_1$ = ... cm

प्रतिबिम्ब पिन के लिये सूचकांक संशोधन $y = l - l_2$ = ... cm

मापे गये मान में सूचकांक संशोधन को जोड़कर संशोधित मान प्राप्त किया जाता है।

(ii) उत्तल लेंन्स की फोकस दूरी सारणी

क्रम सं.	स्तंभ की स्थिति			प्रेक्षित दूरियां		संशोधित दूरिया		$f_1 = uv/v-v$
	वस्तु पिन cm	उत्तल लेंस cm	प्रतिबिंब पिन cm	OA cm	OA' cm	μOA cm	$v\,OA'$ cm	cm

(iii) लेंस युगम की फोकस दूरी के लिए सारणी

	स्तंभ की स्थिति			प्रेक्षित दूरियां		संशोधित दूरियां		
क्र.सं.	वस्तु पिन cm	युगम लेंस O (cm)	प्रतिबिम्ब पिन A' (cm)	OA (cm)	OA' (cm)	OA (cm)	OA'(cm)	$F = \dfrac{uv}{u-v}$ (cm)

F का माध्य = ... cm

16.6 गणनायें

अवतल लेन्स की फोकस दूरी f_2 (चिन्ह के साथ)

$$= -\frac{Ff_1}{f_1 - F} = \text{........ cm}$$

16.7 परिणाम

दिये गये अवतल लेन्स की फोकस दूरी = ... cm

16.8 त्रुटि के स्रोत

(i) प्रयुक्त सिद्धान्त पतले लेन्सों के लिये प्रयुक्त होता है जबकि दिये गये लेन्स की कुछ मोटाई होती है।

16.9 देखें आपने क्या समझा

(i) एक लेन्स की फोकस दूरी किन कारकों पर निर्भर करती है?

....

(ii) लाल व बैंगनी रंग के प्रकाश में किसका वेग अधिक है?

(1) वायु में (2) जल में?

....

(iii) एक लेन्स की फोकस दूरी किसके लिये अधिक होती है

बैंगनी प्रकाश के लिये या लाल प्रकाश के लिए?

....

(iv) क्या आप किसी अवतल लेन्स के लिये सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कर सकते हैं?

....

(v) एक लेंस द्वारा बने किसी वस्तु के वास्तविक प्रतिबिम्ब की स्थिति एवं उस वस्तु की स्थिति के बीच कम से कम दूरी कितनी हो सकती है?

....

(vi) आपके द्वारा किये गये प्रयोग में उत्तल लेन्स की फोकस दूरी अवतल लेन्स की फोकस दूरी से कम होनी चाहिये। आप इसका परीक्षण कैसे करेंगे? यह क्यों आवश्यक है?

....

(vii) एक ही स्तंभ में दो मोटे लेंसों को संयोजित करना कठिन है। क्या आप अलग अलग स्तम्भों में लेंसों को समायोजित करके प्रयोग कर सकते हैं? प्रयोग का विवरण दें।

....

प्रयोग-17

एक काँच के प्रिज्म के लिये आपतन कोण (i) व विचलन कोण (r) के बीच लेखाचित्र खीचें व इसका उपयोग करते हुये काँच का अपवर्तनांक ज्ञात करें।

17.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- प्रिज्म के किसी एक तल पर विभिन्न कोणों से आपतित किरणों के संगत निर्गत किरणों के किरण-पथ दर्शा सकेंगे;
- विभिन्न आपतन कोणों (i) के लिये विचलन (δ) कोण ज्ञात कर सकेंगे;
- प्रिज्म कोण ज्ञात कर सकेंगे;
- आपतन कोण के साथ विचलन कोण में परिवर्तन का लेखाचित्र खींच सकेंगे व न्यूनतम विचलन कोण (δm) ज्ञात कर सकेंगे, एवं
- प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक ज्ञात कर सकेंगे।

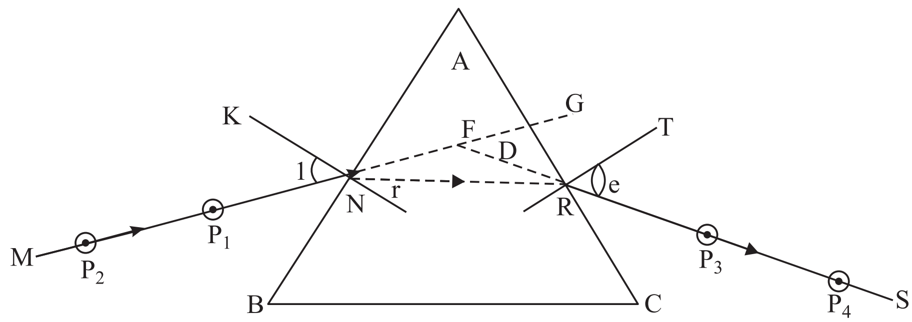
17.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आप जानते हैं कि जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाता है तो उसकी चाल में परिवर्तन होता है व गति की दिशा बदल जाती है। यदि प्रकाश की गति प्रथम माध्यम में द्वितीय माध्यम की अपेक्षा कम हो तो किरण अभिलम्ब से दूर हटती है और यदि प्रकाश की गति प्रथम माध्यम में अधिक हो तो किरण अभिलम्ब की ओर मुड़ती है। निर्वात में आपतन कोण (i) व पारदर्शी माध्यम में अपवर्तन कोण (r) की ज्याओं का अनुपात निर्वात में प्रकाश के वेग व माध्यम में प्रकाश के वेग के अनुपात के बराबर होता है।

$$\frac{Sin\ i}{Sin\ r} = \frac{v_1}{v_2} = n \qquad (17.1)$$

जहाँ कि n पदार्थ का अपवर्तनांक कहलाता है।

टिप्पणियाँ



चित्र 17.1: कांच के प्रिज्म द्वारा अपवर्तन

यदि एक प्रकाश किरण *MN* (चित्र 17.1) प्रिज्म के एक तल *ABC* पर अपतित हो, तो यह पहले प्रवेश तल पर मुड़ती है फिर निर्गत तल पर अतः निर्गण-किरण *RS* आपतित किरण के समानान्तर नहीं होती बल्कि अपने पथ में एक कोण पर विचलित होती है। विचलन प्रिज्म के कोण A, प्रिज्म के पदार्थ के अपवर्तनाँक (n) व प्रथम तल पर आपतन कोण (i) पर निर्भर करता है। जब आपतन कोण का मान कम किया जाता है तो विचलन कोण का मान पहले कम होता है और पुनः बढ़ता है और इसका मान न्यूनतम तब होता है जबकि किरण प्रिज्म में से सममित होकर गुजरती है (चित्र 17.1) इस स्थिति में विचलन कोण δm को न्यूनतम-विचलन-कोण कहते हैं। $\delta m, A$ एवं n के बीच नीचे दिया गया संबंध है।

$$n = \frac{Sin\ i(A + \delta m)}{Sin\ (A/2)} \qquad (17.1)$$

आवश्यक सामग्री

कला-पट, सफेद कागज, प्रिज्म, नियतक पिनें, पेंसिल, पैमाना, आलपिनें, कोण-मापक।

17.3 प्रयोग-विधि

(i) कला पट पर एक सफेद कागज की शीट नियतक पिनों की सहायता से लगाइये।

(ii) प्रिज्म के तल को दर्शाने वाली एक रेखा *AB* खींचें। इस रेखा के *N* बिंदु पर एक अभिलम्ब *KN* व आपतन कोण (i) दर्शाने वाली रेखा *MN* खींचें। i का मान 30^0 से कम न रखें क्योंकि ऐसी स्थिति में किरण का प्रिज्म के अन्दर पूर्ण परावर्तन हो सकता है।

(iii) प्रिज्म को शीट पर इस प्रकार रखें कि इसका एक तल रेखा *AB* पर संपाती हो। प्रिज्म की अपवर्तनकारी धार *A* ऊर्ध्वाधर होनी चाहिये।

(iv) रेखा *MN* में दो पिनें P_1 व P_2 ऊर्ध्वाधर लगायें। प्रिज्म के आवर्तनकारी तल *AC* की ओर से देखते हुए अपनी आँख इस प्रकार समायोजित करें ताकि P_1 व P_2 एक दूसरे के पीछे दिखें। अब दो पिनें P_3 व P_4 को इन पिनों के साथ एक सरल रेखा में करते हुये नियत करें।

(v) पिनों को हटायें व उनकी स्थितियाँ अंकित करें। *AC* की दिशा में एक पैमाना रखें प्रिज्म को हटायें व तल *AC* को दर्शाती हुई एक रेखा खींचें P_3 व P_1 को मिलाते हुये एक रेखा खींचें। P_2 व P_1 और P_4 व P_3 रेखाओं को बढ़ायें ताकि वे *F* बिंदु पर मिलें आपतन कोण *MNK* (*i*) व विचलन कोण *RFG* (δ) व प्रिज्म का कोण = *BAC* कोण मापक की सहायता से मापें।

(vi) आपतन कोण का मान 30^0 व 60^0 के बीच रखकर 5^0 के अन्तराल पर कम से कम पाँच प्रेक्षण लें।

17.4 प्रेक्षण

सारणी: आपतन कोण के साथ विचलन कोण का परिवर्तन

क्रम सं.	आपतन कोण (*i*) अंश	विचलन कोण (δ) अंश	प्रिज्म का कोण *A* अंश
1			
2			
3			
4			
5			
6			

17.5 न्यास-विश्लेषण

δ को *y* अक्ष पर रखते हुए *i* व δ के बीच लेखाचित्र बनायें। लेखाचित्र से न्यूनतम विचलन कोण का मान ज्ञात करें। समीकरण 17.2 में इन मानों का प्रयोग करके प्रिज्म के काँच का अपवर्तनांक ज्ञात करें।

$$n = \frac{Sin\dfrac{(A+\delta m)}{2}}{Sin(A/2)}$$

$$= \frac{Sin.....}{Sin.....} = \frac{......}{......}$$

A = ... अंश

δm = ... अंश

17.6 परिणाम

प्रिज्म के काँच का अपवर्तनांक = ...

17.7 सावधानियाँ

सामान्यत: प्रिज्मों के किनारे काफी छोटे (2.5 cm या 3 cm) होते हैं। अत: प्रिज्म की सीमा रेखा खींचकर इससे A का सही मान ज्ञात करना संभव नहीं है। इसलिए यह सुझाव दिया जाता है कि AB व AC तलों के लिये लम्बी रेखायें खींचकर उनके साथ पैमाना खड़ा करें और उसे स्पर्श करते हुये प्रिज्म को रखें।

17.8 देखें आपने क्या समझा

(i) 1.5 अपवर्तनांक व 60^0 अपवर्तन कोण के कांच के प्रिज्म को न्यूनतम विचलन की स्थिति में रखा है। आपतन कोण का मान क्या है?

....

(ii) न्यूनतम विचलन कोण प्राप्त करने की क्या शर्त है? विशेष रूप से प्रिज्म में संचरित किरण (Transmitted ray) का प्रिज्म आधार से क्या सम्बन्ध है?

....

(iii) 60^0 के प्रिज्म का अपवर्तनांक ज्ञात करें जिसका न्यूनतम विचलन कोण 50^0 है।

....

(iv) क्या प्रकाश की विभिन्न तरंग देर्घ्यों के लिये प्रिज्म के काँच का अपवर्तनांक भिन्न भिन्न होगा?

....

(v) एक प्रिज्म का n = 1.5 व अपवर्तन कोण 60^0 है। न्यूनतम विचलन कोण ज्ञात कीजिए।

....

प्रयोग-22

मीटर-सेतु की सहायता से दो तारों के पदार्थों का विशिष्ट प्रतिरोध ज्ञात करना।

22.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप

- पेंचमापी का अल्पतमाँक ज्ञात कर सकेंगे;
- प्रतिरोध व विशिष्ट प्रतिरोध के बीच अन्तर कर सकेंगे;
- उन कारकों को पहचान सकेंगे जिन पर किसी तार का विशिष्ट प्रतिरोध निर्भर करता है;
- विद्युत परिपथ के अनुसार तार जोड़ सकेंगे;
- प्रयोग करते समय आवश्यक सावधानियाँ बरत सकेंगे;
- तार पर संतुलन बिंदु प्राप्त कर सकेंगे, व
- एक विद्युत-परिपथ में त्रुटि के स्रोतों को जान सकेंगे।

22.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

मीटर-सेतु, व्हीटस्टोन-सेतु का प्रायोगिक रूप है। जिसके संतुलन की निम्न शर्त है:

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$$

जहाँ P व Q को अनुपात भुजायें कहते हैं। R समायोजित की जाने वाली भुजा व S अज्ञात प्रतिरोध है। यदि समान अनुप्रस्थ काट वाले तार के लिये संतुलन बिंदु l लम्बाई पर प्राप्त हो तो

$$\frac{P}{Q}=\frac{l\sigma}{(100-l)\sigma}=\frac{l}{(100-l)}$$

क्योंकि मीटर सेतु के तार की कुल लम्बाई 100 cm है।

σ सेतु के तार की इकाई लम्बाई का प्रतिरोध है। अतः

$$S = \frac{(100 - l)}{l} R$$

मीटर सेतु से प्रतिरोध S ज्ञात करने के बाद यदि हम तार की लम्बाई और अनुप्रस्थ काट का व्यास माप लें तो तार के पदार्थ का विशिष्ट प्रतिरोध निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

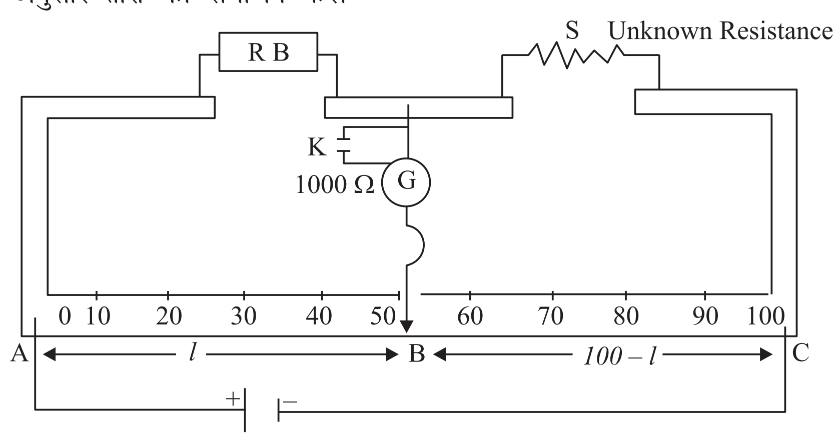
$$\rho = \frac{\pi d^2}{4l} S$$

आवश्यक सामग्री

एक मीटर सेतु, एक गैल्वेनोमीटर, एक जौकी, लेक्लांशी सेल, एक मार्गी कुंजी, एक प्रतिरोध बक्स, मीटर पैमाना, रेगमाल, पेंचमापी व संयोजक तार।

22.3 प्रयोग विधि

(i) नीचे दिये गये परिपथ को अपनी अभ्यास पुस्तिका में बनायें व परिपथ आरेख के अनुसार तारों का संयोजन करें।



चित्र 22.1: मीटर सेतु के तार पर संतुलन स्थिति

(ii) रेगमाल की सहायता से संयोजक तारों के किनारों से विद्युत रोधन हटायें व साफ-सुथरा व दृढ़ संयोजन करें।

(iii) इस बात का ध्यान रखें कि अज्ञात प्रतिरोध S का मान प्रतिरोध बक्स द्वारा लगाये गये प्रतिरोध के साथ तुलनीय हो।

(iv) इस बात की जाँच करने के लिये कि परिपथ संयोजन ठीक है अथवा नहीं प्रतिरोध बक्स के एक प्लग निकालकर परिपथ में उचित प्रतिरोध (1000 Ω) लगायें। कुंजी K को खोलें। परिपथ में अब 1000 ओह्म का प्रतिरोध आ जाने से गैल्वेनोमीटर सुरक्षित रहता है। जौकी को मीटर सेतु के बाँये व दाँयें किनारों पर

धीरे से दबायें। यदि गैल्वेनोमीटर में विक्षेप विपरीत दिशाओं में होता है तो संयोजन सही है।

(v) अब आप प्रतिरोध बक्स से उचित प्रतिरोध R का चयन करें। यह शून्य बिंदु की अनुमानित स्थिति है। अब आप कुंजी K को बन्द करें व शून्य बिंदु के लिये सूक्ष्म समायोजन करे। जौकी को मीटर सेतु में स्पर्श करके व अलग करके तब तक खिसकायें जब तक कि लगभग तार के बीच में गैल्वेनोमीटर का पाठ्यांक शून्य न हो जाय।

(vi) तारों के दोनों भागों की लम्बाई प्रेक्षण तालिका में अंकित करें।

(vii) (30 cm व 70 cm के बीच शून्य बिंदु प्राप्त करने के लिये) R के उपयुक्त मानों का चयन करते हुये उपरोक्त चरणों की दो बार और पुनरावृत्ति करें

(viii) अब प्रतिरोध तार को बांधने वाले सिरों से निकालकर इसे खींचें ताकि मोड़ आदि समाप्त हो जाएं।

(ix) तीन भिन्न स्थानों पर पेंचमापी की सहायता से तार का व्यास ज्ञात करें। प्रत्येक बिंदु पर दो परस्पर लम्बवत दिशाओं में मापन किया जाना चाहिए।

(x) प्रतिरोध तार की लम्बाई ज्ञात करें।

(xi) पूरे प्रयोग को दूसरे पदार्थ से बने हुये तार के लिये दोहरायें।

22.4 प्रेक्षण व गणनाएं:

(i) प्रतिरोध S का मापन:

प्रेक्षण संख्या	प्रतिरोध R ओहम	शून्य बिंदु की स्थिति cm	AB का माध्य $= l$ (cm)	BC = $100-l$ (cm)	$S = \dfrac{(100-l)}{l} R$
1					
2					
3					

ध्यान दें: ठीक इसी प्रकार की दूसरी सारणी बनाकर दूसरे तार के लिये प्रतिरोध .... ज्ञात करें।

(ii) पहले तार की लम्बाई (l) = ... cm

दूसरे तार की लम्बाई (l_1) = ... cm

(iii) पेंचमापी का चूड़ी अन्तराल (P) = ... cm

वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या = 100

अल्पतमांक (a) = = ... cm

शून्याँक त्रुटि (e) = ... cm

शून्याँक संशोधन ($-e$) = ... cm

(iv) तार के व्यास मापन के लिए सारणी

क्रम. सं.	किसी एक दिशा में पाठ्याँक			अभिलम्बवत दिशा में पाठ्याँक				संशोधन
	मीटर पैमाने पर मान S_1	वृत्ताकार पैमाने पर मान n_1	प्रेक्षित मान $d_1=S_1+n_1a$	पाठ्याँक मीटर पैमाने पर मान S_2	वृत्ताकार पैमाने पर मान n_2	प्रेक्षित मान $d_2=S_2+n_2a$	प्रेक्षित माध्य व्यास	व्यास $d = d_0 - e$
1								
2								
3								

टिप्पणी: इसी प्रकार दूसरी सारणी में दूसरे तार के व्यास d_2 के लिए प्रेक्षण लें।

पहले तार का माध्य संशोधित व्यास (d) = ... cm

दूसरे तार का माध्य संशोधित व्यास (d) = ... cm

(v) दिये गये तारों का विशिष्ट प्रतिरोध

पहले तार के लिए $\rho = S\dfrac{\pi d^2}{4l} =$ .... ओह्म मीटर

दूसरे तार के लिए $\rho = S_1\dfrac{\pi d^2}{4l} =$ .... ओह्म मीटर

22.5 परिणाम

दिये गये तारों के पदार्थों के विशिष्ट प्रतिरोधों के मान इस प्रकार हैं

$\rho =$ .... ओह्म मीटर

$\rho_1 =$ .... ओह्म मीटर

22.6 त्रुटि के स्रोत

(i) यंत्र-पेंचों का स्पर्श-प्रतिरोध अत्यधिक हो सकता है।

(ii) प्लगों के साफ न होने या सुदृढ़ रूप से न लगे होने के कारण स्पर्श प्रतिरोध उत्पन्न हो सकता है।

(iii) मीटर सेतु के तार की अनुप्रस्थ काट समान न हो।

22.7 देखें आपने क्या समझा

(i) मीटर सेतु के तार की मोटाई समान क्यों होनी चाहिए?

....

(ii) आन्तरिक-प्रतिरोध क्या है?

....

(iii) शून्य-बिंदु क्या है?

....

(iv) शून्य बिंदु 30 cm से 70 cm के बीच प्राप्त करने की सलाह क्यों दी जाती है?

....

(v) जौकी के चल-स्पर्शी को तार में जोर से या घिसते हुये क्यों नहीं ले जाना चाहिए?

....

(vi) केवल प्रेक्षण लेते समय ही धारा क्यों प्रवाहित की जानी चाहिए?

....

(vii) संतुलन बिंदु प्राप्त करते समय शुरू में धारादर्शी के श्रेणीक्रम में 1000 ओह्म का एक प्रतिरोध लगाने की सलाह दी जाती है। इसका क्या उद्देश्य है?

....

प्रयोग-26

अग्र अभिनति PN संधि डायोड के अभिलाक्षणिक वक्र खींचना व इसकी सहायता से एक डायोड का स्थैतिक व गत्यात्मक प्रतिरोध ज्ञात करना।

26.1 उद्देश्य

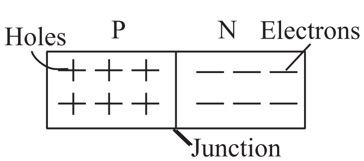
इस प्रयोग को करने का बाद आप:

- *PN* संधि डायोड के कैथोड व एनोड पहचान सकेंगे;
- न्यास-पत्र (*Data sheet*) से उस अधिकतम सुरक्षित धारा का मान ज्ञात कर सकेंगे जो कि डायोड से प्रवाहित की जा सकती है;
- डायोड के स्थैतिक व गत्यात्मक प्रतिरोध में अन्तर जान सकेंगे;
- डायोड की जानु वोल्टेज (*Knee voltage*) जान सकेंगे; और
- प्रयोग के लिये उचित परास के पैमानों का चयन कर सकेंगे।

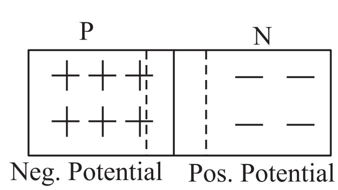
26.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

एक *PN* संधि डायोड *p*- *n*- प्रकार के पदार्थों से बना रहता है जो कि चित्र 26.1 (a) की भाँति संधि बनाते हैं।

p- प्रकार के चतुर्थ समूह के तत्वों में तृतीय समूह के अपद्रव्य मिलाने से बनते हैं जिससे इनमें कोटर (*Hole*) बन जाते हैं। इसी प्रकार *n*- प्रकार के पदार्थ चतुर्थ समूह के तत्व में पंचम समूह के अपद्रव्य मिलाने से बनते हैं व इनमें इलैक्ट्रॉन मिलते हैं। कोटरों व इलैक्ट्रॉन के प्रवाह में ही इनमें धारा उत्पन्न होती है।



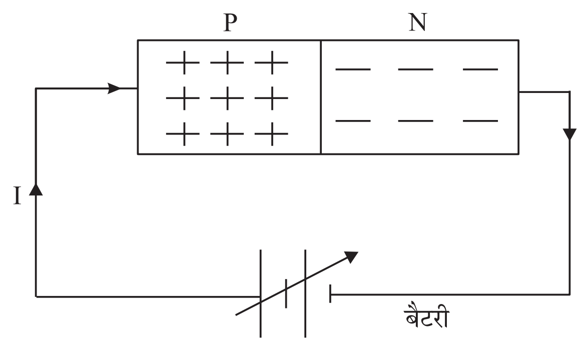
चित्र 26.1 (a): *PN* संधि डायोड



चित्र 26.1 (b): *PN* होल व इलैक्ट्रॉनों के पुनर्संयोजन से *P* क्षेत्र मुख्यत: ऋणात्मक आवेशित व *n*-क्षेत्र धनात्मक आवेशित हो जाता है।

p एवं n दोनों ही पदार्थ विद्युत-उदासीन होते हैं। p- प्रकार के पदार्थ के होल व n- प्रकार के पदार्थ के इलैक्ट्रॉन मुक्त होने के कारण संधि पर एक दूसरे से संयोजित होते हैं। होल व इलैक्ट्रॉनों के इस संयोजन से, p- प्रकार के पदार्थ में एक ऋणात्मक विभव व n- प्रकार के पदार्थ में एक धनात्मक विभव उत्पन्न होता है जैसा कि चित्र 27.1 (b) में दर्शाया गया है। संधि के आर-पार का यह विभवान्तर होलों व इलैक्ट्रॉनों को एक दूसरे से दूर खींचता है व उनके अधिक पुनर्सयोंजन को रोकता है।

डायोड की अग्र अभिनति के लिये, संधि का p किनारा, जिसे ऐनोड भी कहा जाता है, बैटरी के धनात्मक ध्रुव से जोड़ा जाता है व n - किनारा जिसे कैथोड कहा जाता है, बैटरी के ऋणात्मक ध्रुव से जोड़ा जाता है जैसा कि चित्र (26.2) में दिखाया गया है। इस बाह्य रूप से आरोपित विभवान्तर वोल्टेज संधि के आर पार विभवान्तर से अधिक होती है तो वे एक दूसरे से संयोजित होने लगते हैं व धारा प्रवाह प्रारम्भ हो जाता है। आरोपित वोल्टेज के बढ़ने पर यह शीघ्रतापूर्वक बढ़ती है। यदि बैटरी की ध्रुवता (polarity) बदल दी जाय तो इलैक्ट्रॉन व होल और दूर हटने लगते हें व डायोड में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती।



चित्र 26.2:

PN संधि डायोड को एक बैटरी की सहायता से अग्र अभिनत किया गया है बैटरी का धनात्मक ध्रुव P- को धनात्मक आवेश प्रदान करता है व ऋणात्मक ध्रुव N - क्षेत्र को ऋणात्मक आवेश प्रदान करता है जो कि संधि पर एक दूसरे से संयोजित होते हैं व ध ारा प्रवाहित होती है।

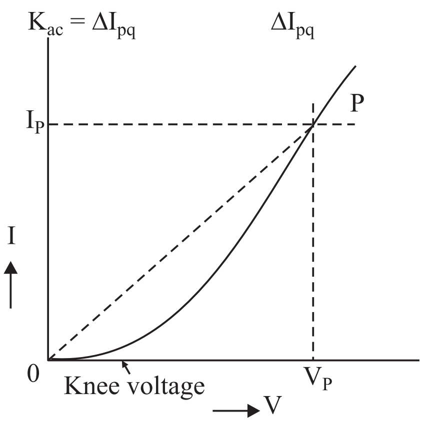
इस प्रयोग में हमें लगायी गयी वोल्टेज के साथ धारा-परिवर्तन का अध्ययन करना है। इसमें हम देखेंगे कि लगाई गई वोल्टेज का मान संपर्क विभवान्तर से कम होने पर कोई धारा प्रवाहित नहीं होती। इस विभवान्तर को जानु (*Knee*) वोल्टेज कहा जाता है। लगाई गई वोल्टेज का मान इससे अधिक बढ़ाये जाने पर डायोड से होकर प्रवाहित होने वाली धारा शीघ्रतापूर्वक बढ़ती है। V व I के बीच आलेख चित्र 26.3 में दर्शाया गया है। इसे डायोड का अभिलाक्षणिक कहते हैं। इन स्थितियों में जहाँ V-I आलेख एक ऋजु रेखा नहीं है, हम दो प्रतिरोध परिभाषित करते हैं स्थैतिक-प्रतिरोध या सरल धारा-प्रतिरोध व गत्यात्मक-या प्रत्यावर्ती धारा-प्रतिरोध। यदि हम अभिलाक्षणिक वक्र में एक बिंदु P लें व इस बिंदु पर आरोपित वोल्टेज V_P व धारा I_P के मान लें तो P पर स्थैतिक प्रतिरोध R_{dc} निम्न प्रकार परिभाषित होगा।

$$R = \frac{V_P}{I_P}$$

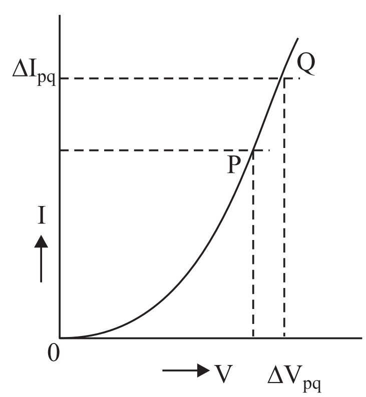
इस प्रतिरोध का मान एक बिंदु से दूसरे बिंदु पर बदलता रहता है और इसका स्थिर मान नहीं है।

यदि हम आलेख के ऋजुरेखीय भाग में दो बिंदु P व Q लें व वार्धिक (Incremental) वोल्टेज ΔV_{PR} या ΔI_{PQ} के मान लें जैसा कि चित्र 26.4 में दर्शाया गया है, तब R गत्यात्मक या R_{ac} को निम्नवत परिभाषित किया जाता है।

$$R_{ac} = \frac{\Delta V_{pq}}{\Delta I_{pq}}, R_{ac} = \frac{\Delta V_{PQ}}{\Delta I_{PQ}}$$



चित्र 26.3: बिंदु P पर $R_{dc} = V_p/I_p$ जो कि op रेखा की ढाल है। p की विभिन्नत स्थितियों के लिये इसके मान भिन्न भिन्न होंगे।

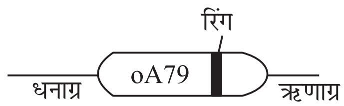


चित्र 26.4: $R_{ac} = \Delta V_{PQ}/I_{PQ}$ इसका मान आलेख के ऋजु रेखीय भाग के लिये स्थिर है। यह R_{dc} से काफी कम होता है।

यह प्रतिरोध आलेख चित्र के ऋजुरेखीय भाग के लिये लगभग स्थिर होता है। डायोड का गत्यात्मक-प्रतिरोध स्थैतिक-प्रतिरोध से काफी कम होता है। यह वह प्रतिरोध है जो कि डायोड को एक दिष्टकारी की भाँति प्रयोग करने में डायोड द्वारा प्रत्यावर्ती धारा में लगता है। एक डायोड की जानु वोल्टेज, डायोड निर्माण में प्रयुक्त पदार्थ पर निर्भर करती है। सिलिकन-डायोड के लिये इसका मान 0.7 $n.F$ व जर्मेनियम-डायोड के लिये इसका मान 0.3 $n.F$ है।

सामान्यत: प्रयोगशाला में प्रयोग किये जाने वाले डायोड OA79 व IN4007 हैं। OA79 एक जर्मेनियम डायोड है जिसे एक काँच-नलिका में सील किया गया है। IN4007 एक सिलिकन डायोड है जिसे एक प्लास्टिक के आवरण में बंद किया जाता है। इनका पहचान अंक (Distinguishing no.) इनके आवरण पर अकित रहता है। इसमें दो अक्षीय अग्रग होते हैं। इसके एक ओर रंगीन वृत्त बना होता है जैसा कि चित्र 26.5 (a) व 26.5

(b) में दर्शाया गया है। यह वृत्त कैथोड अग्रग को दर्शाता है व इसे डायोड के $n-$ प्रकार के पदार्थ से संयोजित किया जाता है। दूसरे अग्रग को, जिसको $p-$ प्रकार के पदार्थ से संयोजित किया जाता है, एनोड कहते हैं। न्यास पत्र (Data sheet) से हम पाते हैं कि OA79 के लिये अधिकतम धारा, I अधिकतम का मान 1.5 वोल्ट पर 30 मिली एम्पीयर है। IN4007 डायोड के लिये $1n.\ F$ वोल्ट पर I अधिकतम का मान 1 एम्पीयर है। डायोड का प्रतीक चिन्ह 26.5 (c) में दर्शाया गया है।



चित्र 26.5 (a)

चित्र 26.5 (b)

चित्र 26.5 (c)

आवश्यक सामग्री

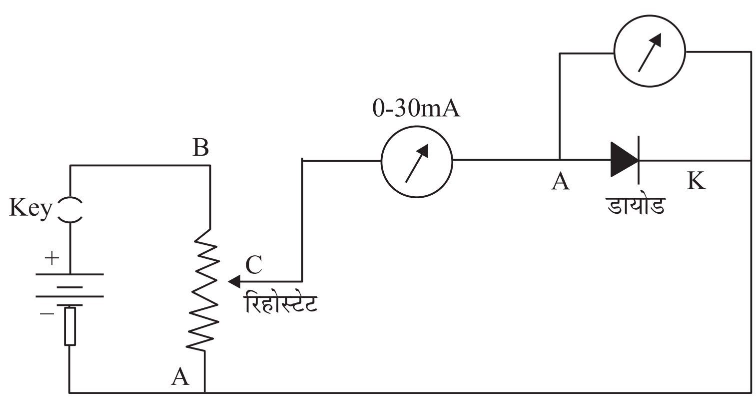
एक जर्मेनियम डायोड 0A79, O - 1.5 वोल्ट वोल्टमीटर, O - 30 मिली॰ एम्पीयर पैमाना, 25 ओह्म (धारा नियंत्रक), 2 वोल्ट सीसा-संचायक, एक मार्गी कुंजी व संयोजक तार।

26.3 प्रयोग विधि

(i) दोनों पैमानों पर शून्य समायोजन करें।

(ii) दोनों पैमानों का अल्पतमांक ज्ञात करें।

(iii) चित्र 26.6 की भाँति परिपथ संयोजन करें।



चित्र 27.6

(iv) धारा नियंत्रक के चल शीर्ष C को बिंदु A पर लायें एवं कुंजी में प्लग लगायें। इस स्थिति में दोनों पैमानों के पाठ्यांक शून्य होंगे। अब शीर्ष C को धीरे धीरे B की ओर लायें ताकि वोल्टमीटर पैमाने पर पाठ्यांक प्राप्त हों। मिली आमीटर व वोल्टमीटर के पाठ्यांक प्रेक्षण सारणी में अंकित करें।

(v) इस प्रकार बिंदु C को छोटे छोटे अन्तरालों में B की ओर ले जायें और प्रत्येक बार मिली आमीटर व वोल्टमीटर के पाठ्यांक लें। 0.1 वोल्ट अन्तरालों पर पाठ्यांक तब तक लेते रहें जब तक कि डायोड से होकर जाने वाली धारा का मान लगभग 25 या 30 मिली एम्पीयर न हो जाय।

(vi) इन पाठ्यांकों का आलेख चित्र बनायें जो कि चित्र 26.3 की भाँति होगा।

26.4 प्रेक्षण

वोल्टमीटर में शून्यांक त्रुटि = ...

मिली एमीटर में शून्यांक त्रुटि = ...

वोल्टमीटर का अल्पतमांक = *V*/भाग

मिली. एमीटर का अल्पतमांक = मिली एम्पीयर/भाग

क्रम सं.	वोल्टमीटर (भाग)	वोल्टमीटर (पाठ्यांक)	मिली एमीटर (भाग)	मिली आमीटर पाठ्यांक (मिली॰ एम्पीयर)
1				
2				
.				
.				
.				
15				

26.5 विश्लेषण व निष्कर्ष

(i) सारणी में अंकित प्रेक्षणों के आलेख चित्र से यह स्पष्ट होता है कि डायोड के सिरों पर विभवान्तर कम होने पर धारा का मान शून्य है। वह वोल्टेज ज्ञात करें जिसमें धारा प्रवाहित होना शुरू करती है।

(ii) आलेख चित्र पर तीन बिन्दु A, B व C लें। इन बिंदुओं के लिये वोल्टेज व धारा के मान ज्ञात करके स्थैतिक प्रतिरोध की गणना करें। क्या सभी मान समान हैं?

(iii) A, B, C बिंदुओ के दोनों ओर बिंदु युग्म इस प्रकार लें कि वे इन बिंदुओं से समान दूरी पर हो। इन बिंदुओं पर वार्धिक वोल्टेज व धारा के मान ज्ञात करें और इसकी सहायता से इन बिंदुओं पर गत्यात्मक प्रतिरोध ज्ञात करें। क्या इनके मान समान हैं?

(iv) आलेख चित्र के विभिन्न भागों पर स्थैतिक व गत्यात्मक प्रतिरोध के बारे में आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

26.6 त्रुटि के स्रोत

(i) संयोजन सुदृढ़ न होने पर संपर्क प्रतिरोध उत्पन्न हो सकता है।

(ii) पैमानों की शून्यांक त्रुटि का भली भाँत निराकरण न होना।

(iii) प्रारम्भिक विक्षेप या तो बहुत कम या पूर्ण पैमाने के 70 प्रतिशत से अधिक हो।

(iv) प्रत्येक बार आमीटर का संकेतक पैमान के चिन्ह पर न होना।

(v) आमीटर का वोल्टमीटर व डायोड दोनों की धारा को मापना।

26.7 देखें आपने क्या समझा

(i) डायोड के दो प्रतिरोधों में से कौन अधिक है और क्यों?

....

(ii) *VI* अभिलाक्षणिक के भिन्न भिन्न भागों के लिये स्थैतिक प्रतिरोध भिन्न हैं जबकि इसका गत्यात्मक प्रतिरोध लगभग नियत है। क्यों?

....

(iii) इस प्रयोग में एक संवेदनशील वोल्टमीटर क्यों लिया जाना चाहिये।

....

(iv) आलेख में बिंदु A(या B या C) पर गत्यात्मक प्रतिरोध ज्ञात करने के लिये इसके दोनों ओर के बिंदु A(या B या C) से समान दूरी पर होने चाहिये। क्यों?

....

प्रयोग-27

NPN ट्राँजिस्टर के उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास के लिये अभिलाक्षणिक खींचिये व अभिलाक्षणिक की सहायता से (i) धारा लब्धि (β) व (ii) वोल्टेज-लब्धि (AV) ज्ञात कीजिये जबकि निर्गत परिपथ में 1n.FΩ का भार प्रतिरोध लगा हो।

27.1 उद्देश्य

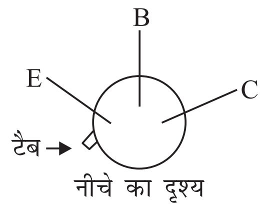
इस प्रयोग को करने के बाद आप

- *PN* संधि को अग्रदिशिक व पश्चदिशिक बायस कर सकेंगे;
- ट्राँजिस्टर के अग्रक पहचान सकेंगे;
- न्यास-पत्र (Data Sheet) की सहायता से ट्रांजिस्टर का प्रकार, अधिकतम सुरक्षित धारा, वोल्टेज व ट्रांजिस्टर के लिये अधिकतम शक्ति क्षय (Power dissipation) जान सकेंगे;
- उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास का आशय समझ सकेंगे एवं परिपथ बना सकेंगे;
- यह समझ सकेंगे कि ट्रांजिस्टर एक धारा-संचालित-युक्ति है;
- ट्रांजिस्टर की धारा लब्धि (β) परिभाषित कर सकेंगे;
- वोल्टेज लब्धि (A_v) को परिभाषित कर सकेंगे;
- उन कारकों को जान सकेंगे जिन पर A_v निर्भर करता है।

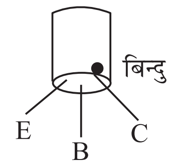
27.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आपने सैद्धान्तिक भौतिकी में पढ़ा कि ट्रांजिस्टर के तीन सिरे (lead) होते हैं। इन्हें पहचानने के लिये आप ट्रांजिस्टर को उल्टा पकड़ें। इसके आवरण से एक छोटा सा टैब (tab) बाहर निकला रहता है। इसके पास की लीड (lead) उत्सर्जक लीड व इसके दक्षिणावर्त दिशा में दो लीड्स (leads) क्रमशः आधार व संग्राही लीड्स (leads) हैं जैसा कि चित्र 27.1 में दर्शाया गया है। कुछ ट्रांजिस्टरों के आवरण में एक रंगीन बिंदी बनी होती है। इस बिंदी के पास का लीड संग्राही होता है और इसके वामावर्त दिशा में क्रमशः आधार व उत्सर्जक लीड होते हैं जैसा कि चित्र 27.2 में दर्शाया गया है।

टिप्पणियाँ

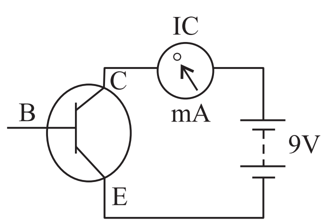


चित्र 27.1:

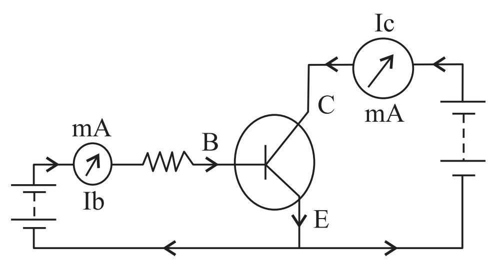


चित्र 27.2

एक ट्रांजिस्टर को प्रयोग करते समय संग्राही को सदैव व्युतक्रम अभिनत किया जाता है। सामान्यत: संग्राही उत्सर्जक परिपथ (चित्र 27.3) में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। लेकिन आधार उत्सर्जक-संधि को अग्र अभिनत करके अल्प आधार धारा प्रवाहित करने पर (चित्र 27.4) एक शक्तिशाली धारा I_c प्रवाहित होने लगती है। इस प्रकार हम देखते हैं कि ट्रांजिस्टर एक धारा-चालित युक्ति है और एक अल्प आधार धारा संग्राही-परिपथ में आवर्धित प्राप्त होती है। चित्र 27.4 में हम देखते हैं कि उत्सर्जक, आधार व संग्राही दोनों परिपथों में शामिल है। अत: इसे उभनिष्ठ उत्सर्जक परिपथ कहा जाता है।

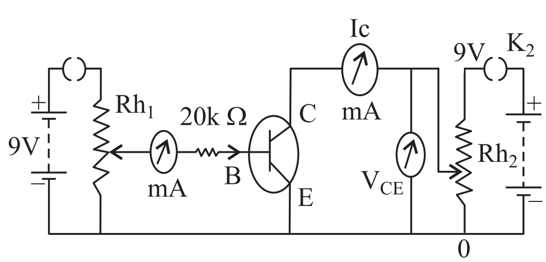


चित्र 27.3

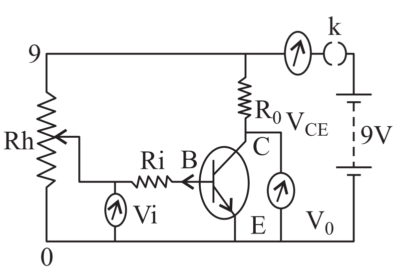


चित्र 27.4

वार्धिक अनुपात $\delta I_c/\delta I_b$ ही ट्रांजिस्टर का धारा आवर्धन गुणक (β) है। हम β का मान अभिलाक्षणिक वक्र से ज्ञात करना है जैसा कि आगे बताया जा रहा है। I_b का मान नियत (यानि I_c के परिवर्तन से I_b को अप्रभावित रखने के लिये एक उच्च प्रतिरोध ($20n.F\Omega$ या इससे अधिक) को आधार के साथ श्रेणीक्रम में संयोजित करना पड़ता है जैसा कि चित्र 27.5 में दिखाया गया है।



चित्र 27.5



चित्र 27.6

जब ट्रांजिस्टर पर लगाये गये निवेशी सिगनल के मान में थोड़ा परिवर्तन किया जाता है तो इससे निर्गम सिगनल में काफी परिवर्तन आता है। वोल्टेज में परिवर्तन व उसके संगत

निवेशी वोल्टेज में परिवर्तन के अनुपात को वोल्टेज लब्धि (A_v) कहा जाता है। किसी ट्रांजिस्टर द्वारा वोल्टेज लब्धि (A_v) के संग्राही के श्रेणीक्रम में एक लोड प्रतिरोध (load resistance) R_o व एक उपयुक्त प्रतिरोध R_i को आधार के श्रेणीक्रम में संयोजित किया जाता है। वोल्टेज लब्धि ज्ञात करने हेतु चित्र 27.6 में दिखाये गये परिपथ का प्रयोग करते हैं। संक्षेप में ट्रांजिस्टर द्वारा वोल्टेज लब्धि निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है।

यदि निवेशी वोल्टेज में परिवर्तन δV_i हो तो आधार धारा में इसके द्वारा उत्पन्न परिवर्तन

$$\delta I_i = \delta I_b = \delta V_i / R_i$$

अतः संग्राही धारा में इसके संगत परिवर्तन

$$\delta I_c = \beta \times \delta I_b = \beta \times \frac{\delta V_i}{R_i}$$

निर्गम वोल्टेज δV_o का मान प्रतिरोध R_o के आर पार विभवपात में परिवर्तन के बराबर होगा। अतः

$$\delta V_o = \delta I_o \times R_o = \beta \times \delta V_i \times R_o / R_i \text{ –अथवा}$$

$$A_v = \frac{\delta V_o}{\delta V_i} = \beta \times R_o / R_i$$

इस समीकरण से यह स्पष्ट होता है कि वोल्टेज लब्धि (A_v) का मानए β, R_o व R पर निर्भर करता है।

CL_{100} के लिये β का मान लगभग 150 है। अतः A_v के मान को प्रायोगिक रूप से मापन योग्य रखने के लिये (20 के समीप) R_o का मान 100 Ω या 500 Ω व R_i का मान 400 Ω लिया जाता है।

आवश्यक सामग्री

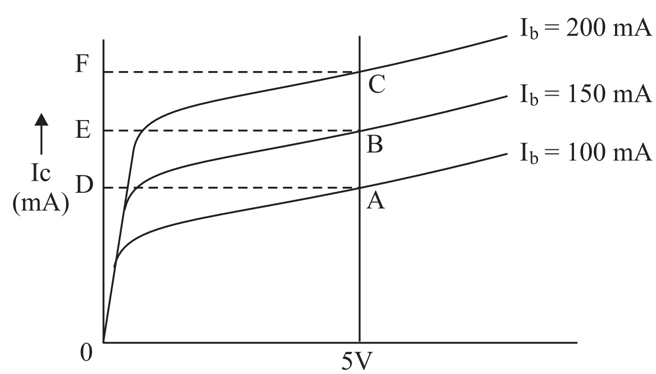
एक 1.5*n.F* व एक 9*n.F* की बैटरी (या 9*n.F* व 1.5*n.F* निर्गम टर्मिनल वाली स्थायीकृत बैटरी निराकरक (Battery eliminator), संयोजन के लिये बोर्ड पर लगा हुआ CL_{100} या इसके तुल्य मध्यम शक्ति का ट्रांसफार्मर, (0.30 mA) परास का सरल धारा आमीटर, 0.300 माइक्रो एम्पीयर सरल धारा मीटर, 0–10*n.F* सरल धारा वोल्टमीटर, 0–1.5*n.F* सरल धारा वोल्टमीटर, दो 1000 Ω के रिहोस्टेट, दो एक–मार्गी कुंजियाँ, 20 किलो ओह्म, 4 किलो ओह्म्, 2 किलो आह्म, 1 किलो ओह्म व 0.5 किलो ओह्म के कार्बन प्रतिरोधक जिनमें तारों या लीड्स के संयोजन के लिये सिरे हों।

टिप्पणियाँ

27.3 प्रयोग का समायोजन

एक मध्यम शक्ति के ट्रांजिस्टर का चयन करें ताकि यह बिना खराब हुये एक उच्च धारा को सहन कर सके। यहाँ प्रयोग के लिये CL_{100} ट्रांजिस्टर का सुझाव दिया जा रहा है। इसके सिरों की पहचान करें और यह जाँच लें कि ये बोर्ड के तीन टर्मिनलों से सही सही जुड़े हैं। चित्र 27.5 को अपनी अभ्यास पुस्तिका में बनायें व आरेख के अनुसार आवश्यक सामग्री को मेज के ऊपर रखें। तब तार से सभी संयोजन पूर्ण करें। धारा-नियंत्रक के चल शीर्ष को शून्य स्थिति (सिरे) में ले जाकर कुंजियों में प्लग प्रविष्ट करायें। प्रत्येक पैमाने में शून्य पाठ्यांक होना चाहिये।

अब धारा नियंत्रक-2 के शीर्ष को बीच में समायोजित करें। संग्राही वोल्टमीटर 4 वोल्ट पाठ्यांक देगा व संग्राही धारा शून्य होती अब धारा नियंत्रक-1 के चलशीर्ष को धीरे धीरे ऊपर की ओर ले जायें। आधार धारा समान रूप से बढ़ेगी जैसा कि माइक्रो आमीटर द्वारा ज्ञात होता है। इसके साथ संग्राही धारा भी बढ़ेगी। इस बात की सावधानी रखें कि यह 30 मिली एम्पीयर से अधिक न बढ़े। इस प्रकार परिपथ का सही समायोजन हो जाता है।



चित्र 27.7

27.4 प्रयोग-विधि

(A) धारा लब्धि ज्ञात करना

(i) पैमानों का अल्पतमांक

माइक्रो आमीटर का अल्पतमांक = ... (माइक्रो एम्पीयर/भाग)

वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ... (वोल्ट/भाग)

मिली-आमीटर का अल्पतमांक = ... (एम्पीयर/भाग)

(ii) प्रयोग प्रारम्भ करने के लिये दोनों नियंत्रकों के चल शीर्षों को शून्य स्थिति में रखें। अब धारा नियंत्रक -1 के वाइपर को चलायें ताकि $I_b = 100\ \mu A$ हो जाय। इसे इसी स्थिति में रखें। अब धारा नियंत्रक- 2 के वाइपर को छोटे अन्तरालों में चलायें व V_{ce} व V_c के पाठ्यांक लें व उन्हें सारणी-1 में अंकित करें (जैसा कि नीचे दिया गया है)। आप पायेंगे कि पहले V_{ce} बढ़ने के साथ V_c शीघ्रतापूर्वक बढ़ती है फिर इसका मान स्थिर हो जाता है। 9 वोल्ट तक पाठ्यांक लें। इसी प्रकार I_b के 150 माइक्रो एम्पीयर व 200 माइक्रोएम्पीयर मानों के लिये प्रेक्षणों की पुनरावृत्ति करें व प्रेक्षणों को सारणी 2 व 3 में अंकित करें।

सारणी -1

$I_b = 100\ n.F$

V_{ce} (वोल्ट)	0	.1	.2	.3	.5	.75	1	2	3	4	5	6	9
I_c (मिली एम्पीयर)													

सारणी -2

$I_b = 150\ n.F$

V_{ce} (वोल्ट)													
I_c (मिली एम्पीयर)													

सारणी-3

$I_b = 200\ n.F$

V_{ce} (वोल्ट)													
I_c (मिली एम्पीयर)													

(iii) उपरोक्त तीन सारणियों में अंकित न्यासों (Data) की सहायता से आलेख चित्र बनायें। आलेख चित्र, चित्र 27.7 में दिखाये गये हैं। ये उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में CL_{100} के अभिलाक्षणिक हैं। V_{ce} के अल्प मानों के लिये आवेश वाहकों का आधार क्षेत्र में प्रवेश पाने वाला एक भाग संग्राही द्वारा संग्रहीत कर लिया जाता है अत: I_c का मान कम होता है। V_{ce} के मान में वृद्धि के साथ और भी अधिक वाहक संग्रहीत होते हैं, अत: I_c शीघ्रतापूर्वक बढ़ती है। जब वाहक संग्रहीत हो जाते हैं तो I_c का मान लगभग स्थिर हो जाता है। इस प्रकार हम अभिलाक्षणिक वक्रों की आकृति की व्याख्या कर सकते हैं।

(iv) ट्रांजिस्टर का धारा आवर्धन गुणांक ज्ञात करने के लिये V_{ce} अक्ष के लम्बवत एक ऊर्ध्वाधर रेखा 5 वोल्ट के बिंदु पर खींचें। माना यह तीनों वक्रों को A, B व C

बिंदुओं पर काटती है जैसा कि चित्र 27.7 में दिखाया गया है। अब बिंदुओं A, B, C से L_c अक्ष पर लम्ब खींचें। माना ये अक्ष से D, E व F बिंदुओं पर मिलते हैं। जैसा कि चित्र 28.7 में दिखाया गया है।

(v) A से B तक जाने पर आधार धारा में परिवर्तन

$\delta i_b = 150 - 100 = 50$ माइक्रो एम्पीयर = 50/1000 मली एम्पीयर

संग्राही धारा में परिवर्तन = DE मिली एम्पीयर, अतः

$\beta\,(DE \times 1000)/50$

(vi) इसी प्रकार B से C व A से C के धारा परिवर्तन के लिये β की गणना करें। β का माध्य मान ज्ञात करें।

(B) वोल्टेज-लब्धि ज्ञात करना

(i) 1 किलो ओह्म के प्रतिरोध R_o से ट्रांजिस्टर द्वारा वोल्टेज लब्धि A_v ज्ञात करने के लिये, परिपथ का संयोजन चित्र 27.6 की भाँति करें। धारा नियंत्रक के चल शीर्ष को शून्य स्थिति में रखें। R_i का मान 4 किलो ओह्म रखें।

(ii) संग्राही में 9 वोल्ट की वोल्टेज लगाने के लिये कुंजी $\overline{k_2}$ को प्रविष्ट करायें। फिर कुंजी $\overline{k_1}$ को प्रविष्ट करायें व धारा नियंत्रक के वाइपर को धीरे धीरे ऊपर ले जायें जब तक V_{ce} का पाठ्यांक 5 वोल्ट न हो जाय। अब V_i का मान 0.05 वोल्ट, या 0.1 वोल्ट के अंतरालों में घटायें या बढ़ायें। इसके लिये वोल्टमीटर का अल्पतमांक कम होना चाहिये। इससे निवेशित वोल्टेज (input voltage) में परिवर्तन δV_i प्राप्त होता है। इसके संगत V_{ce} का मान लिखें इसकी सहायता से δV_o का मान प्राप्त हो जायेगा। इन पाठ्यांकों को सारणी 4 में अंकित करें। इस प्रक्रिया की पुनरावृत्ति पाँच या छह बार करें व प्रेक्षणों को सारणी 4 में अंकित करें।

सारणी-4

लोड प्रतिरोध R_o = ... ओह्म

निविष्ट प्रतिरोध R_i = ...ओह्म

δV_i (वोल्ट)	
δV_o (वोल्ट)	
$A=\delta V_o/\delta V_i$	

(iii) सारणी 4 के सभी पाठ्यांक समुच्चयों के लिये वोल्टेज लब्धि की गणना करें। आप पायेंगे कि सभी समुच्चयों के लिये A_v (वोल्टेज लब्धि) का मान समान है। निर्गम वोल्टमीटर पाठ्यांक लगभग 0 या 9 वोल्ट के समीप होने पर मान में विचलन होता है।

(iv) आप यह भी सिद्ध कर सकते हैं कि A_V का प्रायोगिक मान $\beta = \dfrac{R_o}{R_i}$ है

27.6 देखें आपने क्या समझा

(i) यदि हम ट्रांजिस्टर में 9 वोल्ट V_{ce} के लिये 30 मिली एम्पीयर की धारा लम्बे समय तक प्रवाहित करें तो क्या होगा?

....

(ii) न्यास पत्र (Data Sheet) से हम पाते हैं कि CL_{100} में I_c = 150 मिली. एम्पीयर प्रवाहित की जा सकती है व यह संग्राही व उत्सर्जक के बीच 50 वोल्ट विभव को सहन कर सकता है। क्या इसमें से हम 50 वोल्ट पर 150 मिली. एम्पीयर की धारा प्रवाहित कर सकते हैं? यदि नहीं तो क्यों?

....

(iii) यदि R_o, 10 किलो ओह्म व R_i, 500 ओह्म हो तो क्या होगा? आपके .01 वोल्ट/भाग अल्पतमांक वाले पैमाने से δV_i के कितने पाठ्यांक लिये जा सकते हैं। (दिया गया है β = 200)

....

(iv) अपने प्रयोगात्मक वक्रों (चित्र 27.7) की सहायता से ज्ञात करें कि β का मान V_{ce} के साथ कैसे परिवर्तित होता है?

....

(v) क्या इस प्रयोग के आधार-परिपथ पर 1.5 वोल्ट की बैटरी के बिना सम्पन्न किया जा सकता है? यदि हाँ तो कैसे?

....

प्रयोग-29

अर्ध विक्षेप विधि से गैल्वेनोमीटर का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात करना व इसे एक दिये गये परास के वोल्टमीटर (यथा 0.3 V) में रूपान्तरित करना तथा यथार्थता की जाँच करना।

29.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- केवल डायल को देखकर मापक यंत्र के प्रकार को पहचान जायेंगे व गैल्वेनोमीटर, वोल्टमीटर व आमीटर में भेद कर पायेंगे;
- शून्यांक त्रुटि होने पर इसे प्रयोगशाला तकनीशियन द्वारा इसे ठीक करायेंगे;
- पैमानों का अल्पतमांक ज्ञात कर सकेंगे;
- गैल्वेनोमीटर की पूर्ण पैमाना विक्षेप धारा का अर्थ समझ जायेंगे एवं इसे माप सकेंगे;
- धारा नियंत्रक को एक परावर्ती प्रतिरोध व विभवमापी की भांति प्रयोग कर सकेंगे;
- शन्ट का प्रकार्य जान जायेंगे।

आवश्यक सामग्री

एक बैटरी, एक गैल्वेनोमीटर (संकेतक प्रकार का), एक उपयुक्त परास का वोल्टमीटर, 25 ओह्‌म-3 एम्पीयर का धारा नियंत्रक, 5000 ओह्‌म का प्रतिरोध बक्स, 100 ओह्‌म का प्रतिरोध बक्स, दो एक-मार्गी कुंजियों संयोजन के लिये DCC तांबे का तार व रेगमाल।

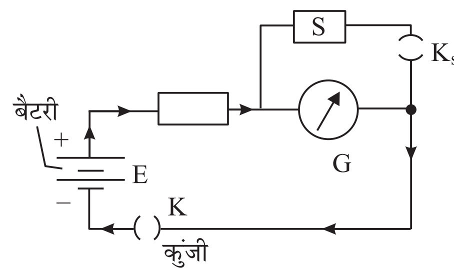
टिप्पणी

जब भी हम एक मीटर के पैमाने पर विक्षेप दर्ज करते हैं तो पाठ्यांक लेने में हमेशा +0.5 भाग की अनिश्चितता रहती है। जिससे प्रेक्षित विक्षेप में 1 भाग की त्रुटि हो जाती है। अत: विक्षेप यंत्रों द्वारा सटीक परिणाम प्राप्त करने के लिये ऐसे परास का पैमाना चुनें ताकि किसी धारा द्वारा उत्पन्न विक्षेप या मापा जाने वाला विभवान्तर पैमाने पर 70 प्रतिशत या इससे अधिक अंकित हो।

29.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

इस प्रयोग में आप एक गैल्वेनोमीटर व एक सरल धारा वोल्टमीटर का उपयोग करेंगे इन पैमानों के डायलों में आप पैमाने के नीचे G या V चिन्ह देखेंगें। G या V अक्षर क्रमशः गैल्वेनोमीटर व वोल्टमीटर के लिये प्रयुक्त होते हैं। इन अक्षरों के नीचे रेखा का होना यह दर्शाता है कि ये केवल सरल धारा के साथ प्रयुक्त होते हैं।

गैल्वेनोमीटर प्रतिराध G ज्ञात करने के लिये परिपथ को चित्र 29.1 की भांति संयोजित किया जाता है। माना गैल्वेनोमीटर से I धारा प्रवाहित होती है व संगत विक्षेप θ है। तब एक प्रतिरोध S को गैल्वेनोमीटर के समान्तर क्रम में लगाकर इसे इस प्रकार संयोजित करें जिससे गैल्वेनोमीटर में विक्षेप आधा अर्थात् रह $\theta/2$ रह जाय। तो अब गैल्वेनोमीटर से होकर गुजरने वाली धारा $I/2$ है व शेष $I/2$ धारा G के सिरों पर लगाये गये उपपथ प्रतिरोधा S से गुजरती है। चूंकि धारा G व S में समान रूप से बंटती है। अतः



चित्र 29.1

$$G = S \tag{29.1}$$

किसी परिपथ में किसी भाग के समान्तर क्रम में धारा कम करने के लिये संयोजित प्रतिरोध S को शंट (Shunt) कहते हैं।

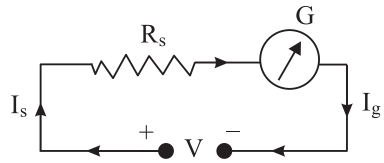
गैल्वेनोमीटर का दूसरा महत्वपूर्ण नियतांक पूर्ण पैमाना विक्षेप धारा I_g है। यह वह धारा है जो कि गैल्वेनोमीटर संकेतक को 0 से अधिकतम पाठ्यांक तक विक्षेपित करती है। गैल्वेनोमीटर के आमीटर या वोल्टमीटर के रूपान्तरण के लिये I_g का मान ज्ञात होना भी आवश्यक है। इसका मान ज्ञात करने के लिये चित्र 29.1 देखें। माना बैटरी का विद्युत वाहक बल E है व गैल्वेनोमीटर के श्रेणीक्रम में संयोजित प्रतिरोध R है। तब गैल्वेनोमीटर से प्रवाहित होने वाली धारा I जो कि इसमें θ विक्षेप उत्पन्न करती है निम्नवत सूत्र बद्ध है।

$$I = \frac{E}{(R+G)} \tag{29.2}$$

अतः I_g (पूर्ण पैमाना विक्षेप के लिये आवश्यक धारा)

$$I_g = \frac{E}{(R+G)} \times \frac{n}{\theta} \tag{29.3}$$

गैल्वेनोमीटर को अपेक्षित परास (0–V वोल्ट्स) के वोल्टमीटर में रूपान्तरण के लिये चित्र 29.2 की भांति एक उच्च प्रतिरोध R_S को गैल्वेनोमीटर के श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है।



चित्र 29.2

प्रतिरोध R_s का मान ऐसा होता है कि यदि एक V वोल्ट का विभवान्तर R_s व G संयोजन के समान्तर क्रम में लगाया जाय व I_g धारा प्रवाहित हो तो गैल्वेनोमीटर में पूर्ण विक्षेप प्राप्त होता है। ओह्म के नियम का प्रयोग करने पर

$$(R_s + G) = V/I_g \qquad (29.4)$$

$$R_s = V/I_g - G \qquad (29.5)$$

29.3 प्रयोग-विधि

(a) गैल्वेनोमीटर के लिये G व Ig का मान ज्ञात करना

(i) गैल्वेनोमीटर व वोल्टमीटर में संकेतक सुई को शून्य पर रखें।

(ii) वोल्टमीटर का अल्तमांक ज्ञात करें।

(iii) सीसा संचायक का विद्युत वाहक बल वोल्टमीटर की सहायता से ज्ञात करें व प्रेक्षण सारणी के ऊपर लिखें।

(iv) चित्र 29.1 की भांति उपकरण को रखें व रेगमाल द्वारा भली भांति किनारे साफ करते हुए *DCC* तारों से संयोजन करें। प्रतिरोध बक्स R से 5 किलो ओह्म की कुंजी निकालें व कुंजी *n. F* प्रविष्ट करें। R का समायोजन इस प्रकार करें कि G में विक्षेप 20 भागों (गैल्वेनोमीटर पैमाने पर बने भागों का 70 प्रतिशत) से अधिक हो और विक्षेप भागों की संख्या 2 से भाज्य हो (यथा, 22)।

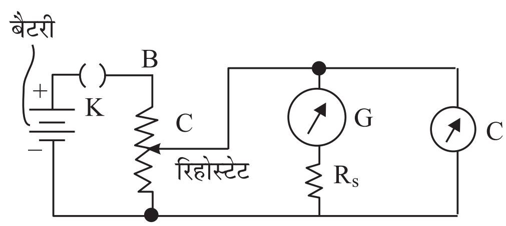
(v) अब शंट कुंजी को भी प्रविष्ट करायें। गैल्वेनोमीटर में विक्षेप शून्य हो जायेगा। S के मान में विभिन्न कुंजियों की सहायता से ऐसा समायोजन करें ताकि गैल्वेनोमीटर का विक्षेप $\theta/2$ यानि दिये गये उदाहरण में 11 भाग रह जाय। R, θ व S के मान सारणी (1) में लिखें। अब R के विभिन्न मानों के लिये 24, 26 आदि भाग विक्षेप प्राप्त करने के लिए पुनरावृत्ति करें और प्रत्येक बार पूर्व विक्षेप θ से $\theta/2$ लायें। आप देखेंगे कि प्रत्येक बार S का मान समान आयेगा। R, S व θ के मान लिखें व समीकरण (29.3) की सहायता से I_g के मान का परिकलन करें।

(b) गैल्वेनोमीटर का v परास के वोल्टमीटर में रूपान्तरण

(vi) दिये गये गैल्वेनोमीटर के आंतरिक प्रतिरोध व विक्षेप धारा I_g के मापन के बाद समीकरण (29.5) की सहायता से श्रेणी प्रतिरोध R_s का मान ज्ञात करें। इस प्रतिरोध को गैल्वेनोमीटर के श्रेणीक्रम में संयोजित करें। गैल्वेनोमीटर V परास का वोल्टमीटर

बन जायेगा। रूपान्तरण की सटीकता जाँचने के लिये इसकी तुलना चित्र 30.3 में दिखाये गये परिपथ में मानक वोल्टमीटर के प्रयोग से करें।

(vii) धारा नियंत्रक के चल सिरे C को टर्मिनल A के पास रखें व कुंजी $n.F$ प्रविष्ट करायें। अब C सिरे को टर्मिनल B की ओर खिसकायें व मानक वोल्टमीटर व रूपान्तरित वोल्टमीटर के पाठ्यांक 0.5 वोल्ट अंतरालों पर लें। इन पाठ्यांकों को सारणी (2) में लिखें। दो पैमानों के पाठ्यांकों में अन्तर देखें। यदि यह शून्य हो तो रूपान्तरण सटीक है।



चित्र 29.3

29.4 प्रेक्षण

सारणी (1)

गैल्वेनोमीटर पैमाने पर भागों की संख्या n = ...

वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ... वोल्ट/भाग

बैटरी का विद्युत वाहक बल = ...

क्रम. सं.	R का मान ओह्म	गैल्वेनोमीटर में विक्षेप θ	अर्ध विक्षेप के लिए का मान (ओह्म)	$G = S$ ओह्म	$I_g = \dfrac{En}{(R+G)\theta}$ A
1	22 भाग				
2	24 भाग				
3	26 भाग				
4	28 भाग				

G का माध्य मान = ... ओह्म

I_g का माध्यम मान = ... एम्पीयर

सारणी-2

रूपान्तरित वोल्टमीटर का अल्पतमांक K_1 = ... वोल्ट/भाग

मानक वोल्टमीटर का अल्पतमांक K_2 = ... वोल्ट/भाग

क्रम सं.	वोल्टमीटरों का पाठ्यांक				अन्तर
	रूपान्तरित		मानक		
	θ भाग	$V_c = K_1\,\theta$	θ भाग	$V_s = K_2\,\theta$	$V_s - V_c$
1					
2					
3					
4					

टिप्पणी: $1/I_g$ वोल्टमीटर का ओह्म/वोल्ट कहलाता है। यह गैल्वेनोमीटर को 1 वोल्ट परास के वोल्टमीटर में परिवर्तित करने के लिये आवश्यक प्रतिरोध का मान बतलाता है। ओह्म/वोल्ट वोल्टमीटर की संवेदनशीलता का मापक है। जितना ओह्म/वोल्ट अधिक होगा उतना ही अच्छा वोल्टमीटर होगा। प्रयोगशाला में प्रयुक्त साधारण वोल्टमीटर 1000 ओह्म/वोल्ट मान के होते हैं। 10,000 ओह्म/वोल्ट का पैमाना 10 गुना अच्छा है। क्यों?

29.5 परिणाम

गैल्वेनोमीटर का प्रतिरोध = ... ओह्म।

गैल्वेनोमीटर का पूर्ण पैमाना विक्षेप = ... माइक्रो एम्पीयर

...... वोल्ट परास का वोल्टमीटर बनाने के लिये आवश्यक श्रेणीक्रम प्रतिरोध = ...ओह्म

रूपान्तरित व मानक वोल्टमीटर के पाठ्यांकों में अधिकतम अन्तर = ... वोल्ट

29.5 त्रुटि के स्रोत

(i) संयोजक तारों के किनारे साफ न होने के कारण संपर्क-प्रतिरोध पाया जाता है।

(ii) प्रतिरोध बक्स की कंजियाँ सुदृढ़ रूप से न लगी हों और यदि साफ करने वाले द्रव से साफ न की गयी हों तो इनकी सतह दूषित हो सकती है।

(iii) यदि विक्षेप कुंजी K_s खुली होने पर विक्षेप पूर्ण विक्षेप के 70 प्रतिशत से कम हो तो प्रयोग में प्रतिशत त्रुटि काफी होगी।

(iv) विक्षेप देखने में लंबन त्रुटि हो सकती है।

(v) अर्ध विक्षेप-विधि में कुल धारा का मान स्थिर माना जाता है, जबकि शंट संयोजन से यह बढ़ती है।

29.7 देखें आपने क्या समझा

(i) एक 10 मिली. एम्पीयर परास व नगण्य प्रतिरोध वाले आमीटर को 10 वोल्ट परास के वोल्टमीटर के रूप में किस प्रकार प्रयोग करेंगे?

....

(ii) हमारे पास 10.3 वोल्ट परास का वोल्टमीटर है जो कि मिली. एम्पीयर पर पूर्ण विक्षेप देता है। इसे आप 3 एम्पीयर परास के आमीटर में कैसे रूपान्तरित करेंगे?

....

(iii) विभवान्तर मापन के लिये वोल्टमीटर का .... संयोजन किया जाता है।

....

(iv) धारा मापन के लिये आमीटर को .... संयोजित किया जाता है।

....

(v) श्रेणीक्रम का प्रतिरोध .... में धारा बदलता है लेकिन एक शंट .... में धारा कम कर देता है।

....

टिप्पणियाँ

''देखें आपने क्या समझा'' शीर्षक के अन्तर्गत दिये गये प्रश्नों के उत्तर

प्रयोग-1

(i) एक वर्नियर पैमाना मुख्य पैमाने पर सरक सकने वाला पैमाना है जिसके भाग मुख्य पैमाने के भाग से छोटे होते हैं। इसका यह नाम इसके आविष्कारक पियरे वर्नियर के नाम पर पड़ा।

(ii) वर्नियर-नियतांक मुख्य पैमाने के एक भाग की लम्बाई व वर्नियर पैमाने के एक भाग की लम्बाई में अन्तर के बराबर है। यह यंत्र का अल्पतमांक है क्योंकि हम एक दी गयी लम्बाई का इतनी परिशुद्धता से मापन कर सकते हैं।

(iii) ऋणात्मक

(iv) निचले जबड़ों को शून्य मोटाई के लिये समायोजित करके या गहराई प्रमाप (Depth gauge) को शून्य गहराई के लिये समायाजित करके, वर्नियर पाठ्यांक पढ़ें व इसे वर्नियर नियतांक से गुणा करें।

(v) वर्नियर पैमाने की सहायता से हम मुख्य पैमाने के एक भाग के ($\frac{1}{10}, \frac{1}{20}, \frac{1}{50}$ भाग) तक का परिशुद्ध मापन कर सकते हैं।

(vi) 0.03 सेंटीमीटर

(vii) पहले खोखले बेलन की अन्दरूनी गहराई वर्नियर कैलीपर्स के गहराई प्रमाप की सहायता से ज्ञात करें। फिर निचले जबड़ों की सहायता से इसकी बाहरी गहराई मापें। दूसरे माप से पहला माप घटाने पर तल की मोटाई ज्ञात हो जायेगी।

प्रयोग-2

(i) क्योंकि यह एक पेंच की सहायता से मुख्य पैमाने के एक भाग के छोटे अंश का सटीक मापन करता है।

(ii) किसी पेंच का चूड़ी अन्तराल उस पेंच को एक बार पूरा घुमाने पर इसके द्वारा अपने अक्ष पर तय की गयी दूरी के बराबर होता है।

(iii) पेंच को वृत्ताकार पैमाने के एक भाग के बराबर घुमाने पर वह अपने अक्ष पर जितनी दूरी आगे या पीछे बढ़ता है वही तय की गयी दूरी इसका अल्पतमांक है।

टिप्पणियाँ

$$\text{अल्पतमांक} = \frac{\text{पेंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या}}$$

(iv) पेंच को घुमाने पर इसके अपनी कक्ष में न बढ़ने के कारण वृत्ताकार पैमाने का पाठ्यांक में जो त्रुटि आती है वह पिच्छट-त्रुटि कहलाती है। यह पेंच के ढीले हो जाने के कारण होती है। शून्यांक त्रुटि व तार का व्यास मापन में इसका निराकरण करने के लिए प्रत्येक बार अन्तिम समायोजन के लिये पेंच को केवल अग्रदिशिक ही घुमाना चाहिए।

(v) रेचिट विन्यास के प्रयोग द्वारा शून्यांक त्रुटि या तार के व्यास-मापन में चल पेंच द्वारा नियत बटन पर अचानक अनावश्यक दबाव डालने से बचा जा सकता है।

(vi) शून्यांक त्रुटि = − 0.035 mm

शून्यांक संशोधन = + 0.035 mm

प्रयोग-3

(i) क्योंकि इसका प्रयोग गोलीय पृष्ठों की वक्रता त्रिज्या मापन में किया जाता है।

(ii) चूड़ी अन्तराल पेंच की दो लगातार चूड़ियों के बीच की दूरी है, यह पेंच को पूरा एक घुमाव दिये जाने पर इसके द्वारा तय की गयी रेखीय दूरी के बराबर होता है। अन्तराल को वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों से विभाजित करने पर पैमाने का अल्पतमांक प्राप्त होता है।

(iii) तीन टाँगों की सहायता से किसी भी सतह पर खड़े होने के लिये सबसे स्थाई ढाँचा प्राप्त होता है।

(iv) एक पेंच में पिच्छट-त्रुटि पायी जाती है यदि यह बिना आगे बढ़े थोड़ा घूम सके। यह गोलाई मापी की ढिबरी के ढीले समंजन के कारण होता है। यूँ तो इसका ढीला समंजन भी एक आवश्यकता है अन्यथा पेंच घूम नहीं सकेगा। इसके पिच्छट-त्रुटि के निराकरण के लिये प्रत्येक पाठ्यांक लेते समय गोलाईमापी को पेंच पर ही लटका हुआ छोड़ दिया जाता है।

प्रयोग-4

(i) विराम घड़ी द्वारा मापन की संयोग-त्रुटि, जो कि आपके व्यक्तिगत कौशल पर निर्भर करती है, किसी भी समय अन्तराल के लिये समान होती है। 20 दोलनों का समय मापन करने पर भिन्नात्मक त्रुटि (प्रतिशत त्रुटि) 1/20 रह जाती है क्योंकि मापा गया समय अन्तराल 20 गुना अधिक है।

(ii) जब आप 20 के बजाय 50 दोलनों का समय मापन करते हैं तो मापा गया समय 2.5 गुना अधिक है। अत: इस समय अन्तराल के मापन में प्रतिशत त्रुटि 1/2.5 गुना और कम हो जायेगी।

(iii) (a) 1/3 गुना (b) 3 गुना

(iv) (a) आवर्तकाल परिवर्तित होता है। चूंकि गोलक ज्यादा तेजी से त्वरित होता है अत: T कम होता है।

(b) सेकेन्ड पेण्डुलम की लम्बाई भी परिवर्तित होगी। यह बढ़ेगी और समान आवर्तकाल (2 सेकेन्ड) के लिये लम्बाई का लोलक आवश्यक होगा।

प्रयोग-5

(i) कोई वस्तु विराम अवस्था में होती है जबकि समय के साथ आस पास की वस्तुओं के सापेक्ष इसकी स्थिति में परिवर्तन नहीं होता।

(ii) घर्षण के कारण संधि ठीक उसी स्थिति में विरामावस्था में नहीं आ सकती।

(iii) घर्षण के प्रभाव को दूर करने के लिये भारों को मेज या पट से दूर रखा जाता है।

(iv) (a) 320 ग्राम भार (b) 390 ग्राम भार (c) 443 ग्राम भार

(v) परिणामी बल लगभग अलग अलग बलों के योग के बराबर होता है और इसके नीचे गिरने की दशा में किसी प्रयोग कर्ता को चोट नहीं लगती।

प्रयोग-6

(i) शीतलन-वक्र समान है क्योंकि शीतलन की दर ऊष्मामापी व वातावरण के बीच तापान्तर पर निर्भर करती है।

(ii) जानवर जाड़ों में शरीर सिकोड़ कर सोते हैं। इस प्रकार उनके शरीर का उद्‌भासित भाग कम होने पर ऊष्मा-ह्रास कम होता है।

(iii) तेल का द्रव्यमान व विशिष्ट ऊष्मा कम है। अत: एक सेकेन्ड में समान ऊर्जा ह्रास के लिये इसके ताप में अधिक कमी होगी।

(iv) नहीं। थर्मामीटर कम परास (करीब 44^0C तक) का होने के कारण प्रयुक्त नहीं किया जा सकता और फिर इसका पाठ्यांक कम करने के लिये इसे झटका देने की आवश्यकता भी पड़ती है।

(v) द्रव को सतत रूप से विलोडित किया जाता है ताकि ऊष्मा-विनिमय त्वरित हो ओर साम्य-तापमान भी शीघ्रतापूर्वक प्राप्त हो।

(vi) नहीं। क्योंकि परास केवल 35^oC से 43^oC तक है और इसका पाठ्यांक ऊष्मामापी के शीतलन से कम नहीं होगा।

(vii) ताकि तुलना सम्भव हो सके और घनत्व व विशिष्ट ऊष्मा के शीतलन पर प्रभाव के प्रेक्षण लिये जा सकें।

प्रयोग–7

(i) हाँ इस विधि का प्रयोग किया जा सकता है। इस स्थिति में गर्म जल व ऊष्मामापी ठंडे पीतल के गोलक को ऊष्मा प्रदान करेंगे। परन्तु इस विधि में मिश्रण का स्थिर अन्तिम ताप ज्ञात करना कठिन होगा क्योंकि जल व इसमें डूबे हुये गोलक का तापमान सतत रूप से कम होता रहेगा।

(ii) नहीं। लकड़ी ऊष्मा की कुचालक है। इसके प्रत्येक भाग का तापमान समान नहीं हो सकता।

(iii) वायु दाब पारे के 76 cm के बराबर होने पर ही शुद्ध जल 100^0C पर उबलता है।

(iv) विलोडन के समय पहले तो जल के तापमान में वृद्धि होती है। फिर इसका मान अधिकतम होकर कुछ समय के लिये स्थिर हो जाता है और फिर कम होना प्रारम्भ होता है क्योंकि विकिरण द्वारा ऊष्मा–ह्रास होता है। यह स्थिर अधिकतम तापमान ही मिश्रण का अन्तिम तापमान है।

(v) सभी जगह समान तापक्रम बनाये रखने हेतु मिश्रण को निरन्तर विलोडित किया जाता है।

(vi) जल की विशिष्ट ऊष्मा = 1 कैलोरी/ग्राम/^{0}से॰

माना कि पीतल की विशिष्ट ऊष्मा S है।

पीतल के टुकड़े द्वारा खोयी गयी ऊष्मा $= 200 \times S(100\text{-}23)$

जल द्वारा ली गयी ऊष्मा $= 500 \times 1 \times (23\text{-}20)$

वातावरण में ऊष्मा ह्रास शून्य लेने पर

$$S = \frac{500\times 3}{200\times 77} = \frac{15}{157} = 0.098 \text{ कैलोरी/ग्राम/}^0\text{से॰}$$

(vii) संगमरमर के 1 ग्राम का तापमान 1^0C बढ़ाने के लिये 0.215 कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। इसी प्रकार एल्युमीनियम के एक किलोग्राम का तापमान 1^0C बढ़ाने के लिये 900 जूल ऊष्मा की आवश्यकता होती है।

(viii) हाँ। केवल जल के स्थान पर दिया गया द्रव प्रयुक्त करते हैं। इस स्थिति में ठोस गोलक के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा का मान ज्ञात होना चाहिए।

(ix) नहीं। यह किसी भी आकृति का हो सकता है।

प्रयोग–8

(i) यदि दोलनों का आयाम अधिक हो तो अधोमुखी विस्थापन की स्थिति में कमानी की लम्बाई में वृद्धि प्रत्यास्थता सीमा से अधिक हो सकती हैं

(ii) हमारी रुचि उन दोलनों में है जो कि द्रव्यमान M में केवल कमानी के प्रत्यास्थ

बल के कारण होते हैं। यदि इनमें गति का क्षैतिज घटक (लोलक की भांति) होगा तो गुरुत्वाकर्षण बल गति को जटिल बना देगा।

(iii) इनका मान समान होगा। दोलनों की सरल आवर्त गति तभी तक है, जब तक कि ये कमानी की प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर हों। एक सरल आवर्त गति के लिये आवर्तकाल आयाम पर निर्भर नहीं करता।

(iv) गुरुत्व जनित बल का मान कम होने के कारण वर्धन भी कम होता है क्योंकि समीकरण 3 के अनुसार कमानी नियतांक अपरिवर्तित रहता है।

प्रयोग-9

(i) V के कम मानों के लिये पृष्ठ तनाव की तुलना जल प्रवाह के लिए जिम्मेदार जल-स्तंभ के दाब से की जा सकती है।

(ii) V के उच्च मानों के लिये यदि ब्यूरेट के संकीर्ण अवरोधक में जल प्रवाह विक्षुब्ध (turbulent) हो तो आंशिक प्रवाह दर भी काफी कम हो सकती है।

(iii) यह सुनिश्चित करता है कि ब्यूरेट के संकीर्ण अवरोधक से जल प्रवाह के लिये ब्यूरेट में निम्नतम चिन्ह के ऊपर स्थित जल स्तंभ का दाब ही उत्तरदायी है।

(iv) (b) ज्यादा है। $V = 40$ mL पर जल प्रवाह की दर $V = 50$ mL पर जल प्रवाह की दर की 4/5 है क्योंकि आंशिक प्रवाह-दर समान है।

(v) (a) जल प्रवाह की दर

(b) किसी समय ब्यूरेट में जल का आयतन V

(c) जल प्रवाह की अर्धायु: T (1/2) or T (1/4) आदि।

(vi) (a) लगभग 7 अर्धायु

प्रयोग-10

(i) 0.67 मीटर और 2.01 मीटर

(ii) समीकरण (i) बतलाता है कि किसी एक अनुनाद के लिए वायु स्तंभ की लम्बाई से भी हम तरंगदैर्घ्य और ध्वनि का वेग ज्ञात कर सकते हैं। लेकिन प्रस्पंद ठीक नली के खुले सिरे पर नहीं बनता। यह इससे ऊपर कुछ दूरी पर बनता है। यह दूरी लगभग 0.3D के बराबर है जहाँ D नली का आन्तरिक व्यास है। अत: अनुनादित वायु-स्तंभ की लम्बाई L न $L+e$ होकर है। दो स्थितियों के लिये अनुनादित वायु स्तंभ की लम्बाइयों का अन्तर लेने पर इस अन्त्य-त्रुटि का निराकरण हो जाता है।

(iii) किसी दिये गये ध्वनि-स्रोत के लिये, आवृत्ति का मान नियत होता है। अत: तरंग दैर्घ्य ध्वनि-वेग के अनुक्रमानुपाती होती है। चूंकि ताप के साथ वेग में वृद्धि होती

है व तदनुसार ही तरंगदैर्घ्य भी बढ़ता है। अब अनुनादित वायु स्तंभ की लम्बाई $L= n\lambda/4$ अतः 5^0C ताप वृद्धि के लिये वायु स्तंभ की लम्बाई में वृद्धि होगी।

प्रयोग-11

(i) एक स्वरित्र-द्विभुज को एक रबर गुटिका से टकराकर दोलित करना चाहिए। इसे किसी ठोस वस्तु में मारने पर यह नष्ट हो सकता है या इसकी अभिलाक्षणिक आवृत्ति परिवर्तित हो सकती है।

(ii) (a) 3; (b) 6

(iii) 1073 हर्ट्ज

प्रयोग-12

(i) तनाव F की विमा MLT^{-2} व μ की विमा ML^{-1} है। अतः समीकरण (13.1) के दाँये भाग की विमा

$$\frac{1}{L}\left[\frac{MLT^{-2}}{ML^{-1}}\right]^{1/2} = T^{-1}$$

समीकरण का बाँया भाग आवृत्ति है जिसकी विमा T है अतः समीकरण के दोनों भागों की विमायें समान हुई।

(ii) ध्वनि पट स्वरित्र-द्विभुज के कंपनों को तार में संचरित करता है। तार की स्वाभाविक आवृत्ति स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति के बराबर होने पर अनुनाद उत्पन्न होता है व कागज का आरोही जोर से फड़फड़ाकर नीचे गिर जाता है।

(iii) 12 न्यूटन, 1.225 किलोग्राम

(iv) 256 हर्त्ज

(v) स्थिर F व L के लिये तार की मूलभूज आवृत्ति $f \alpha \frac{1}{\sqrt{\mu}}$ (समीकरण 13.1 को पुस्तक में देखें) अतः दो गुणा अधिक द्रव्यमान-घनत्व वाले तार के लिये मूल आवृत्ति 1/2 गुना न होकर $\frac{1}{\sqrt{2}}$ गुना होती है।

प्रयोग-13

(i) दो वस्तुओं को दो भिन्न स्थानों से देखने पर उनकी स्थिति में सापेक्ष विस्थापन लंबन कहलाता है। एक पिन के वास्तविक प्रतिबिंब के शीर्ष व दूसरी पिन के

शीर्ष के बीच लंबन दूर करने के लिये प्रकाश वेदिका में प्रतिबिंब पिन को इस प्रकार समायोजित करते हैं ताकि उनके शीर्ष अक्ष के इधर उधर विभिन्न स्थितियों से देखे जाने पर संपाती रहें।

(ii) जब हम किसी वस्तु को अवतल दर्पण के ध्रुव व फोकस के बीच ध्रुव से दूर ले जायें तो इसके आभासी प्रतिबिंब का आकार बढ़ता है। फोकस से दूर रखे जाने पर वास्तविक प्रतिबिंब बनता है। व वस्तु को फोकस से अनंत की ओर ले जाने पर इसका आकार कम होता है।

(iii) अवतल दर्पण के फोकस व ध्रुव के बीच वस्तु को रखने पर हमें आभासी प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है।

(iv) अनुमानित फोकस दूरी इसलिए ज्ञात की जाती है ताकि वस्तु पिन को f व $2f$ के बीच रखा जा सके। इस पर हम प्रतिबिंब पिन को $2f$ से दूर रख सकते हैं व वस्तु पिन का वास्तविक प्रतिबिंब इस पर बन सकता है।

(v) वस्तु को दर्पण के काफी समीप रखें। यदि इसका वास्तविक प्रतिबिम्ब बड़ा बनता है तो यह अवतल दर्पण है और यदि छोटा बनता है तो उत्तल दर्पण है।

(vi) हम गोलीय दर्पणों का द्वारक (व्यास) इसकी फोकस दूरी की तुलना में छोटा रखते हैं क्योंकि दर्पण सूत्र केवल उपाक्षीय किरणों के लिये लागू होता है।

(vii) नहीं। क्योंकि उत्तल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब सदैव आभासी होता है।

(viii) हम f का मान y- अक्ष पर (uv) व x-अक्ष पर $(u+v)$ के बीच आलेखचित्र बनाकर भी ज्ञात कर सकते हैं। इस आलेख चित्र (मूल बिंदु से होकर जाने वाली ऋजुरेखा) का ढाल इसकी फोकस दूरी है।

(ix) हाँ। क्योंकि मोमबत्ती का वास्तविक प्रतिबिंब पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है और इस प्रकार u व v के मानों का सटीक मापन किया जा सकता है।

(x) हाँ। हम एक पिन का इस पर वास्तविक प्रतिबिंब प्राप्त कर सकते हैं जबकि यह वक्रता त्रिज्या पर रखी हो। इस प्रकार हम f का मान $f = R/2$ से ज्ञात कर सकते हैं।

प्रयोग-14

(i) लेंसों का प्रयोग (i) चश्मों (ii) सूक्ष्मदर्शियों (iii) दूरदर्शियों व (iv) फोटो कैमरा आदि में किया जाता है।

(ii)
$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R}\right) = \frac{0.5}{R} = \frac{1}{2R}$$
$$\Rightarrow f = 2R$$

(iii) (a) $P = -2.5$ मीटर$^{-1}$, $f = \frac{1}{P} = \frac{-1}{2.5}$ मीटर $= -40$ cm

(b) फोकस दूरी का ऋणात्मक मान दर्शाता है कि लेंस अपसारी (अवतल) है।

(iv) हाँ, क्योंकि इस प्रयोग में उत्तल लेंस द्वारा बना प्रतिबिम्ब वास्तविक है। हम वस्तु पिन के स्थान पर मोमबत्ती व प्रतिबिंब पिन के स्थान पर अल्पपारदर्शी परदा प्रयोग कर सकते हैं।

(v) जल में $\frac{1}{f} = (1.5-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

(v) जल में $\frac{1}{f_1} = \left(\frac{1.5}{4/3} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \left(\frac{9}{8} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

$$\frac{f_1}{f} = \frac{.5}{1/8} = 4$$

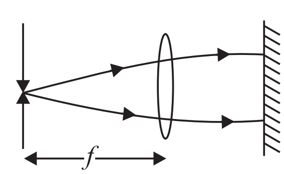
$$\Rightarrow f_1 = 4f$$

अर्थात् जल में फोकस दूरी का मान वायु में फोकस दूरी के मान से चार गुना हो जायेगा।

(vi) वस्तु को $2f$ पर रखे जाने पर प्रतिबिम्ब वस्तु के आकार का बनता है।

(vii) वस्तु को लेंस के फोकस व प्रकाश केन्द्र के बीच रखे जाने पर प्रतिबिम्ब आभासी होगा।

(viii) यदि वस्तु को लेंस के फोकस पर रखा जाय तो लेंस के प्रत्येक बिंदु से निकलने वाली किरणें समान्तर होंगी। अत: यदि लेंस के पीछे एक समतल दर्पण लगा दिया जाय तो किरणें अपने पथ को दोहरायेंगी। अत: उसी स्थिति में वस्तु पिन का वास्तविक व उल्टा प्रतिबिंब प्राप्त होगा। इस प्रकार f मापा जा सकता है।



प्रयोग-15

(i) एक गोलीय दर्पण की वक्रता त्रिज्या $R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$ की सहायता से ज्ञात की जा सकती है जहाँ l गोलाईमापी के टाँगों के बीच की औसत दूरी और h गोलीय पृष्ठ की ऊँचाई

तब $f = \frac{R}{2}$

(ii) उत्तल दर्पण के लिये आवर्धन सूत्र $M = -\left(\frac{f}{u+f}\right)$ है।

(iii) कारों आदि में एक उत्तल दर्पण पीछे का दृश्य देखने के लिये प्रयुक्त होता है क्योंकि इसमें छोटा व सीधा प्रतिबिम्ब बनने के कारण दृष्टि क्षेत्र विस्तृत होता है।

(iv) हाँ। चित्र 16.1 के संदर्भ में यदि OL, f_1 से थोड़ा अधिक हो तो प्रतिबिंब दूरी LI R से अधिक जितना चाहें उतनी हो सकती है। अतः यदि $f_1 > R/2$ हो तो भी प्रयोग संपन्न किया जा सकता है। लेकिन f_1 बहुत कम होने पर O का I पर प्रतिबिंब काफी आवर्धित होने के कारण प्रयोग की परिशुद्धता कम हो जाती है। $f_1 < R/2$ भी के लिये भी प्रयोग विधि समान रहती है।

(v) सामान्य स्थिति में जब हम एक उत्तल दर्पण के सामने एक वास्तविक वस्तु रखते हैं तो आभासी प्रतिबिंब दर्पण के पीछे बनता है। लेकिन इस प्रयोग में हम उत्तल दर्पण की सहायता से आभासी वस्तु का वास्तविक प्रतिबिंब बना रहे हैं। आभासी वस्तु I पर लेन्स द्वारा बना प्रतिबिम्ब है। परन्तु इस प्रतिबिम्ब को बनाने वाली किरणें I पर पहुँचने से पूर्व दर्पण द्वारा परावर्तित होती हैं।

प्रयोग-16

(i) एक लेंस की फोकस दूरी निम्न बातों पर निर्भर करती है।

(a) लेंस के पदार्थ का अपवर्तनांक

(b) चारों ओर के माध्यम का अपवर्तनांक

(c) लेंस के पृष्ठों की वक्रता त्रिज्या

(d) प्रयुक्त प्रकाश की तरंग दैर्घ्य

(ii) (a) वायु में लाल व बैंगनी प्रकाश किरणों का वेग समान है।

(b) जल में लाल किरण वे वेग बैंगनी प्रकाश किरण से अधिक है।

(iii) लाल प्रकाश के लिये फोकस दूरी अधिक है क्योंकि

$$\frac{1}{F} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

और $\mu = A + \frac{B}{\lambda^2}$ (कौसी–सूत्र)। लाल प्रकाश का तरंगदैर्घ्य λ अधिक होता है अतः μ कम होता है। अतः लाल रंग के लिये लेंस की फोकस दूरी अधिक होती है।

(iv) नहीं। क्योंकि अवतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब आभासी होता है।

(v) एक वस्तु और लेंस द्वारा बने उसके वास्तविक प्रतिबिंब के बीच की न्यूनतम दूरी $4f$ होती है।

(vi) (a) दो लेंसों के संपर्क संयोजन से एक पास की वस्तु का बड़ा प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है। इससे इस बात की पुष्टि होती है कि उत्तल लेंस की फोकस दूरी अवतल लेंस की फोकस दूरी से कम है।

(b) यह आवश्यक है क्योंकि हम संयोजन द्वारा वास्तविक प्रतिबिंब बनाना चाहते हैं।

(vii) हाँ। जब हम लेंसों को दो अलग–अलग स्तंभों में आरूढ़ करते हैं तो उत्तल लेंस द्वारा बना वास्तविक प्रतिबिंब अवतल लेंस के लिये आभासी वस्तु का कार्य करता है जो कि अंततोगत्वा इसका वास्तविक प्रतिबिंब बनाता है। u व v के मापन द्वारा फोकस दूरी की गणना की जा सकती है।

प्रयोग–17

(i) न्युनतम विचलन की स्थिति में

$A = 2r$

$$\Rightarrow r = \frac{60}{2} = 30^o$$

$$\mu = \frac{Sin\ i}{Sin\ r} = \frac{T; k\ i}{T; k\ r}$$

$$\Rightarrow Sin\ i = 1.5 \times \frac{1}{2} = 0.75$$

$$i = Sin^{-1}(0.75)$$

(ii) किसी एक विशेष तरंगदैर्घ्य के लिये न्यूनतम विचलन कोण तब मिलता है जब किरण प्रिज्म में से समामित रूप से गुजरती है अर्थात जब यह प्रिज्म के आधार के समान्तर गुजरती है।

(iii) 1.64

(iv) विभिन्न तरंगदैर्घ्यों के लिये अपवर्तनांक थोड़ा-थोड़ा भिन्न होता है। जब आपाती प्रकाश एकवर्णी न हो तो प्रत्येक तरंगदैर्घ्य (रंग) का अपवर्तन थोड़ा-थोड़ा भिन्न होता है क्योंकि भिन्न भिन्न तरंगदैर्घ्य के लिये किसी माध्यम में तरंग गति भिन्न होती है। यहाँ बताया गया है कि विभिन्न रंगों की तरंगों का तरंगदैर्घ्य वायु (या निर्वात) के संदर्भ में है। लेकिन तरंगों की आवृत्ति अपरिवर्तित रहती है। इस प्रकार हम विभिन्न आवृत्तियों (विभिन्न रंगों) के लिये भिन्न μ के मान प्राप्त कर सकते हैं।

(v) 51.2^0

प्रयोग-18

(i) वक्रता केन्द्र पर अर्थात् स्वयं वस्तु पिन के ऊपर ही।

(ii) वस्तु पिन के नीचे वक्रता त्रिज्या से कम दूरी पर

(iii) कोई वास्तविक प्रतिबिम्ब नहीं बनता। दर्पण के पीछे एक आभासी व सीधा प्रतिबिम्ब बनता है।

(iv) अवतल दर्पण की ओर, क्योंकि

$h_2 < h_1$ (क्योंकि $n > 1$ और $n = \frac{h_1}{h_2}$)

(v) प्रतिबिंब भी हटता है। प्रतिबिंब अवतल दर्पण से दूर जाता है। बीच में दोनों संपाती होते हैं।

(vi) $\frac{1}{u} + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$ (दर्पण सूत्र)

$\frac{1}{-20} + \frac{1}{-30} = \frac{2}{R}$ (आधुनिक चिन्ह परिपाटी के अनुसार)

$\frac{-3-2}{60} = \frac{2}{R} \Rightarrow \frac{-5}{60} = \frac{2}{R} \Rightarrow R = -24\ Cm$

दोनों वक्रता केन्द्र पर मिलते हैं। अत: वस्तु पिन को इसके वक्रता केन्द्र पर प्रतिबिंब के संपाती होने के लिये (30-24) =6 cm खिसकना पड़ेगा। उत्तर (b) है।

(vii) $\frac{n_1}{n_b} = \frac{h_1 / h_{2a}}{h_1 / h_{2b}}$

$$\Rightarrow \frac{n_a}{n_b} = \frac{h_{2b}}{h_{2a}} \Rightarrow \frac{1.3}{1.2} = \frac{x}{25} \Rightarrow x = \frac{25 \times 1.3}{1.25} \text{ cm}$$

अर्थात् $x = 26$ cm

(viii) नहीं। पारा अपारदर्शी व लगभग पूर्ण परावर्तक है। पारे का अपवर्तनांक ∞ है।

प्रयोग-19

(i) $m = f_o/f_e$ = 80 cm/100 mm = 80 cm/ 10 cm = 8

(ii) अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्र लेंस के बीच दूरी $= f_o + f_e$

= 80 cm + 10 cm

= 90 cm

(iii) वस्तु को अभिदृश्यक लेंस से 8 मीटर आगे रखने पर इसके द्वारा बने प्रतिबिम्ब की दूरी माना v है, तब और $u = -800$ Cm लेंस सूत्र के अनुसार

$$\frac{1}{V} - \frac{1}{(-800)} = \frac{1}{80} \Rightarrow v = 88.9 \text{ cm}$$

अतः अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्र लेंस के बीच की दूरी

$v + f_e$ = 88.9 +10 = 98.9cm

(iii) एक दूरदर्शी की निकासी पुतली अभिनेत्र लेंस द्वारा अभिदृश्यक लेंस पर बना वास्तविक प्रतिबिम्ब है।

(iv) हमारे लिये आँख की पुतली को दूरदर्शी की निकासी पुतली की स्थिति में रखना आवश्यक है ताकि अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्र लेंस से गुजरने वाला पूरा प्रकाश आँख में प्रवेश कर सके। इससे हम उन सभी वस्तुओं को एक साथ देख सकते हैं जिन्हें दूरदर्शी की सहायता से देखा जा सकता है।

(v) माना निकासी पुतली व अभिनेत्र लेंस के बीच की दूरी v है। चूंकि 90 cm दूरी पर स्थित अभिदृश्यक लेंस वस्तु की भाँति कार्य कर रहा है, u = - 90 cm लेंस सूत्र का प्रयोग करने पर

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{(-90) \text{ cm}} = \frac{1}{10 \text{ cm}}$$

$$\Rightarrow v = 11.2 \text{ cm}$$

(vi) माना f_0 तथा f_e वांछित दूरदर्शी के अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरियाँ हैं तब

$m = f_0/f_e = 25$ ....(1)

व लेंसों के बीच की दरी $f_0 + f_e = 52$ cm.................... (2)

समीकरण (1) व (2) को हल करने पर

$f_0 = 50$ cm व $f_e = 2$ cm

(vii) एक खगोलीय दूरदर्शी द्वारा बना अन्तिम प्रतिबिम्ब उल्टा होता है। अतः समाचार पत्र के शब्द उल्टे दिखेंगे जिन्हें आसानी से नहीं पढ़ा जा सकेगा।

(viii) समाचार पत्र की दूरी नंगी आँख द्वारा समाचार पत्र पढ़े जा सकने वाली दूरी की 10 गुना है। दूरदर्शी दस गुना आवर्धन करता है। अतः शब्द नंगी आँख द्वारा 4 मीटर की दूरी पर देखे जा सकने वाले शब्दों के बराबर दिखेंगे। यदि दूरदर्शी पूर्ण रूपेण सक्षम हो तो शब्द पढ़े जा सकते हैं। लेकिन, चूँकि साधारण लेंसों का प्रयोग किया गया है अन्तिम प्रतिबिम्ब थोड़ा धुंधला मिलता है। अतः इस स्थिति में शब्द नहीं पढ़े जा सकते हैं। वास्तव में दूरदर्शी द्वारा बने चित्र की स्पष्टता में लब्धि उसकी आवर्धन-क्षमता में वृद्धि की तुलना में सदैव कम होती है।

प्रयोग-20

(i) मोटे संयोजक तार का प्रतिरोध कम व नगण्य होता है।

(ii) वोल्टमीटर को परिपथ में जोड़ने के बाद परिपथ में धारा काफी कम हो जायेगी। अतः परिपथ की कार्यशैली परिवर्तित हो जायेगी।

(iii) उच्च धारा से तार गर्म हो सकता है। इस प्रकार इसका प्रतिरोध बदल सकता है।

(iv) यदि किसी तार में प्रवाहित धारा व इसके विभवान्तर के बीच लेखाचित्र मूलबिंदु से गुजरने वाली सरल रेखा हो तो यह ओह्म के नियम का पालन करता है।

(v) सम्भवताया वोल्टमीटर को बैटरी व जाँच किये जाने वाले प्रतिरोधों के संयोजन के श्रेणीक्रम में जोड़ा गया है।

(vi) प्रतिरोधों के संयोजन के श्रेणीक्रम में गलत ढंग से जुड़े वोल्टमीटर को वहाँ से हटाकर प्रतिरोधों के संयोजन के समान्तर क्रम से जोड़ा जायेगा।

(vii) चूंकि वोल्टमीटर उच्च प्रतिरोध का यन्त्र है और श्रेणीक्रम में जुड़ा है, पूरी बैटरी वोल्टेज इस पर आरोपित होगी और यह बैटरी का विद्युत वाहक बल दर्शायेगा। फिर भी परिपथ में अति अल्प धारा प्रवाहित होगी जिसे अमीटर की सहायता से नहीं मापा जा सकता है। इसका संकेतक शून्य के समीप ही रहेगा।

प्रयोग-21

(i) एक सेल का विद्युत वाहक बल इससे कोई धारा न लिये जाने की स्थिति में इसके सिरों का विभवान्तर है।

(ii) विभवमापी दो बिंदुओं के बीच बिना धारा लिये ही विभवान्तर मापने की युक्ति है। जब एक समान अनुप्रस्थ काट के तार में धारा प्रवाहित की जाती है तो तार के किसी खण्ड में विभवान्तर तार की लम्बाई के अनुक्रमानुपाती होता है।

(iii) विभवमापी के तार की लम्बाई में विभव प्रवणता, तार की प्रति इकाई लम्बाई में विभवपात है।

(iv) विभव प्रवणता निम्न बातों पर निर्भर करती है

(a) तार से गुजरने वाली धारा: जितनी अधिक धारा प्रवाहित होगी उतनी ही विभव प्रवणता अधिक होगी।

(b) तार का पदार्थ: जितनी अधिक प्रतिरोधकता होगी उतनी ही अधिक विभव प्रवणता होगी।

(c) तार की अनुप्रस्थ काट: जितना अधिक तार की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल होगा उतनी ही कम विभव प्रवणता होगी।

(v) यदि तार का कोई भाग अन्य भागों की अपेक्षा पतला हो तो इस भाग के प्रति सेन्टीमीटर में विभवपात अन्य भागों की अपेक्षा अधिक होगा। अत: इस तार के लिये विभवान्तर व लम्बाई का अनुक्रमानुपात नियम लागू न होने के कारण इसे विभवमापी में प्रयोग नहीं किया जा सकता है।

(vi) धारा-नियंत्रक की सहायता से हम धारा का इस प्रकार समायोजन कर सकते हैं कि विभवमापी की पूरी लम्बाई में विभवान्तर तुलना किये जाने वाले विभवान्तरों के अधिकतम मान से थोड़ा अधिक हो।

(vii) l_1 व l_2 की लम्बाइयाँ जितनी कम होंगी उतनी ही परिणा में प्रतिशत त्रुटि अधिक होगी।

(viii) यूरेका (या कॉन्स्टेन्टन) का तार लिया जाता है क्योंकि इसकी प्रतिरोधकता, ताप में परिवर्तन से बहुत मामूली सी बदलती है।

(ix) तार में कम धारा प्रवाहित की जाती है। इससे विभव प्रवणता कम जो जाती है और इस प्रकार मापे जाने वाले विभवान्तर के तुल्य लम्बाई में वृद्धि होती है।

(x) पहले लेक्लांशी सेल के लिये संतुलन-बिंदु ज्ञात किया जाता है क्योंकि इसका विद्युत वाहक बल अधिक होता है। विभवमापी के तार की लम्बाई में यदि यह बिंदु प्राप्त हो जाता है तो दूसरे कम विद्युत वाहक बल वाले सेल के लिये यह तार की लम्बाई के अन्दर ही प्राप्त होगा।

प्रयोग-22

(i) सूत्र $S = \left(\frac{100-l}{l}\right)R$ की व्युत्पत्ति में, मीटर सेतु की तार की पूरी लम्बाई में प्रति इकाई प्रतिरोध समान है।

(ii) सामान्यतया तार के ढीले किनारों पर (पेंच द्वारा ठीक से न कसे जाने के कारण) एक न्यून संपर्क-प्रतिरोध तार के श्रेणी-क्रम में पाया जाता है। इसे अन्त्य प्रतिरोध कहते हैं।

(iii) जौकी की मीटर सेतु के तार में वह स्थिति जिसके लिये गैल्वेनोमीटर के आर पर विभवान्तर शून्य हो शून्य बिंदु कहलाती है।

(iv) ताकि l व $(100–l)$ लम्बाइयाँ तुलनीय हों। व्हीट स्टोन सेतु उस समय और अधिक संवेदनशील होता है जबकि चारों प्रतिरोधों के परिणाम एक ही कोटि के हों।

(v) इससे अनुप्रस्थ-क्षेत्रफल में परिवर्तन आ जाने के कारण मीटर सेतु तार के प्रति इकाई लम्बाई प्रतिरोध-मान में अन्तर आ जाता है।

(vi) यदि तार में निरन्तर धारा प्रवाहित की जाय तो इसके गर्म होने के कारण प्रतिरोध में वृद्धि हो जायेगी। इससे $\left(\dfrac{l}{100-l}\right)$ अनुपात में परिवर्तन होने के कारण उदासीन बिंदु परिवर्तित हो जायेगा।

(vii) गैल्वेनोमीटर एक संवेदनशील यंत्र है। प्रारम्भ में जब जौकी उदासीन बिंदु से दूर होती है तो गैल्वेनोमीटर से होकर गुजरने वाली धारा का परिणाम अधिक होने के कारण पैमाने पर अधिकतम विक्षेप-चिन्ह से भी अधिक विक्षेप हो सकता है। अचानक उच्च धारा प्रवाह से गैल्वेनोमीटर नष्ट हो सकता है। अत: जौकी के उदासीन बिंदु से दूर होने की स्थिति में गैल्वेनोमीटर में कम व सुरक्षित-धारा प्रवाहित करने के लिये श्रेणीक्रम में उच्च-प्रतिरोध लगाया जाता है। वैकल्पिक रूप से गैल्वेनोमीटर के समान्तर क्रम में शंट प्रयोग करके धारा का अधिक भाग उसमें से प्रवाहित किया जाता है।

प्रयोग-23

(i) R का मान बढ़ने पर सेल से ली जाने वाली धारा कम होती है। चूंकि $V = \varepsilon – Ir$, Ir पद के कम होने से V बढ़ेगा चूँकि $V \alpha\ l_2$ अत: l_2 में वृद्धि होगी। R का मान अनन्त होने पर V का मान ε व l_2 का मान l_1 के बराबर पहुँचता है।

(ii) सेल से प्राप्त की गयी दो धाराओं के मानों के लिये सेल का विभवान्तर माप कर सेल का आन्तरिक प्रतिरोध व विद्युत वाहक बल निम्न समीकरणों की सहायता से परिकलित किया जा सकता है।

$$V_1 = \varepsilon - I_1 . r$$

$$V_2 = \varepsilon - I_2 . r$$

(iii) एक सेल का आन्तरिक प्रतिरोध उससे ली गयी धारा पर निर्भर करता है। चूँकि R के भिन्न भिन्न मानों के लिये सेल से ली गयी धारा भिन्न भिन्न होगी। अत: आंतरिक-प्रतिरोध का परिकलित मान भी भिन्न होगा।

(iv) यह अनुपातिकता-स्थिरांक जिसे विभवमापी के तार की लम्बाई में विभव-प्रवणता कहा जाता है तार में प्रवाहित धारा व इसके प्रति इकाई प्रतिरोध पर निर्भर करता है।

(v) जितनी कम विभव-प्रवणता होगी, उतनी ही विभवमापी द्वारा मापन में अधिक परिशुद्धता होगी।

(vi) एक 10 मीटर तार का विभवमापी ज्यादा उपयुक्त होगा। और सभी कारक समान होने पर 10 मीटर तार की लम्बाई में विभव प्रवणता अपेक्षाकृत कम होगी।

(vii) यह एक मिश्रधातु है जो कान्सटेनटन कहलाती है।

(viii) क्योंकि समान अनुप्रस्थ क्षेत्रफल के तार के लिये ही विभवमापी के किन्हीं दो बिंदुओं के बीच विभवान्तर दो बिन्दुओं के बीच तार की लम्बाई के अनुक्रमानुपाती होता है।

(ix) $I\,r$ पर स्वयं सेल के आर पार विभवपात बतलाता है।

(x) हाँ यदि किसी सेल से धारा प्राप्त किये जाने की दिशा के विपरीत दिशा में ध ारा प्रवाहित की जाय तो इसके शीर्षों का विभवान्तर निम्न होगा

$V = \varepsilon + I \,.\, r$

प्रयोग-24

(i) यह कुण्डली की लम्बाई, घुमावो की संख्या, प्रत्येक घुमाव की त्रिज्या व क्रोड की पारगम्यता पर निर्भर करती है।

(ii) इसका R अपरिवर्तित रहेगा जबकि L का मान शून्य के करीब हो जायेगा।

(iii) प्रतिबाधा = 12 ओह्म, प्रेरण प्रतिघात = 10.4 ओह्म (लगभग)

(iv) (a) मल्टीमीटर की सहायता से सीधे मापन करके।

(b) प्रेरक के आर पार एक ज्ञात सरल धारा विभवान्तर लगाकर व इसमें प्रवाहित धारा का मापन करके।

(v) 50 वोल्ट्स

(vi) नहीं। सरल धारा-स्रोत से केवल कुण्डली का आंतरिक प्रतिरोध r ज्ञात किया जा सकता है इसका प्रेरकत्व L नहीं।

(vii) धारा कम होगी।

(viii) धारा का मान घटेगा।

(ix) क्योंकि V_R व V_L समान कला में नहीं है।

(x) 90^0 से कम प्रतिरोधक के एक शुद्ध प्रेरक होने पर कालान्तर 90^0 होता है। चित्र 25.4 में यह कोण $\angle CBD$ के बराबर है।

प्रयोग-25

(i) दोनों समान विभवान्तर तक आवेशित होंगे।

(ii) विद्युत अपघट्य संधारित्र क्योकि उनकी संधारिता अधिक होती है।

(iii) (a) 80 सेकेन्ड (चूँकि C का मान दो गुना हो जाता है)

(b) 20 सेकेन्ड (चूँकि R का मान आधा हो जाता है)

(iv) दूसरा वक्रम बड़े समय-नियताँक के संगत है। क्योंकि यह अपने आधे मान तक आने में अधिक समय लेता है।

(v) धारा व समय के बीच वक्र के नीचे का क्षेत्रफल संधारित्र को दिये गये कुल आवेश को दर्शाता है।

(vi) समय नियतांक (RC) का मान अधिक होना चाहिये ताकि आवेष्टन धारा में समय के साथ ह्रास का प्रेक्षण व अभिलेखन संभव हो सके।

(vii) 1000 माइक्रो फैरड के संधारित्र के साथ 100 किलो ओह्म का प्रतिरोध चुना जायेगा क्योंकि इस संयोजन से 100 सेकेन्ड का समय नियतांक प्राप्त होता है जो कि समुचित रूप से बड़ा है।

(viii) (a) संयोजन (A) सर्वाधिक समय-नियतांक देता है।

(b) संयोजन (B) R के न्यूनतम मान के कारण समय $t = 0$ पर अधिकतम विसर्जन-धारा प्रदान करता है।

(ix) हाँ। क्योंकि उस दशा में संधारित्र वोल्टमीटर द्वारा भी विसर्जित होगा और फिर प्रतिरोध एवं उसके समान्तर क्रम में लगे वोल्टमीटर का संयुक्त-प्रतिरोध गणना में आयेगा।

प्रयोग-26

(i) डायोड का गत्यात्मक प्रतिरोध काफी कम व सरल धारा प्रतिरोध काफी अधिक होता है, क्योंकि डायोड के आर पार कुछ प्रारम्भिक वोल्टेज के लिये इसमें से कोई धारा प्रवाहित नहीं होती। जब धारा प्रवाहित होना शुरू होती है तो थोड़ी सी वोल्टेज वृद्धि के संगत धारा-वृद्धि काफी अधिक होती है।

(ii) गत्यात्मक प्रतिरोध $V - I$ अभिलाक्षणिक की ढाल का व्युत्क्रम होता है। अभिलाक्षणिक के सरल रेखीय भाग में ढाल स्थिर (नियत) है और इसलिये इसका गत्यात्मक प्रतिरोध भी नियत है। लेखाचित्र में स्थैतिक प्रतिरोध बदलता रहता है क्योंकि मूल बिंदु से लेखाचित्र के विभिन्न बिंदुओं तक खींची गई सरल रेखाओं के ढाल भिन्न भिन्न हैं।

(iii) वोल्टमीटर द्वारा धारा लिये जाने से मिली एम्पीयर मीटर द्वारा धारा-पाठ्यांक लेने में त्रुटि हो जाती है क्योंकि यह डायोड व वोल्टमीटर में प्रवाहित होने वाली कुल धारा का मापन करता है। अत: वोल्टमीटर संवेदनशील व बहुत कम धारा ग्रहण करने वाला होना चाहिये।

(iv) दो बिंदुओं के बीच (वार्धिक धारा/ वार्धिक वोल्टेज) दो बिंदुओं के बीच लेखाचित्र का औसत ढाल बताता है। इसका मान बिंदु A पर आलेख की ढाल के बराबर होता है (यदि A दोनों बिंदुओं का मध्य बिंदु हो)। यह तब भी लागू होता है जबकि आलेख के ढाल में परिवर्तन हो।

प्रयोग-27

(i) ट्रांजिस्टर गर्म हो जाता है और नष्ट भी हो सकता है।

(ii) ट्रांजिस्टर या तो I_c = 150 मिली एम्पीयर या V_{ce} = 50 वोल्ट सहन कर सकता है। यदि दोनों को एक साथ आरोपित किया जाय तो ट्रांजिस्टर तुरन्त नष्ट हो जायेगा।

(iii) वोल्टेज-लब्धि काफी अधिक (लगभग 4000) होगी। δV का कोई भी मान 0.01 वोल्ट का नहीं लिया जा सकता क्योंकि δV_0 अधिक से अधिक 4 वोल्ट हो सकता है।

(iv) आपको कई ऊर्ध्वाधर रेखायें, जैसे V_{ce} = 4 वोल्ट, 5 वोल्ट, 6 वोल्ट, 7 वोल्ट, 8 वोल्ट व 9 वोल्ट पर लेनी पड़ेंगी। तब 28.4 (iv) व (v) पदों के अनुसार V_{ce} का मान प्रत्येक रेखा पर ज्ञात करें।

(v) हाँ। इस प्रयोग को आधार परिपथ के लिये एक अलग बैटरी के बिना भी करना संभव है। हम रिहोस्टेट RG_1 (1000 ओह्म) व श्रेणीक्रम में 5 किलो ओह्म के प्रतिरोध की सहायता से संग्राही परिपथ में 9 वोल्ट की बैटरी के आंशिक विभवपात को R_i से होते हुये आधार परिपथ में आरोपित कर सकते हैं। ऐसा धारा-लब्धि व वोल्टेज-लब्धि का मान ज्ञात करने के लिये किया जा सकता है।

प्रयोग-28

(i) यह पृथ्वी की सतह में उन बिंदुओं का बिंदुपथ है जो दोनों ध्रुवों से स्थान दूरी पर हैं।

(ii) चुम्बकीय S ध्रुव पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी ध्रुव के निकट होता है।

(iii) एकल चुम्बकीय क्षेत्र में उदासीन बिंदु प्राप्त नहीं किये जा सकते हैं।

प्रयोग-29

(i) श्रेणीक्रम में 100 ओह्म का प्रतिरोध।

(ii) समान्तर क्रम में 0.1 ओह्म का शंट प्रतिरोध।

(iii) समान्तर क्रम में।

(iv) श्रेणीक्रम में।

(v) पूर्ण परिपथ। केवल वह युक्ति जिसके आर-पार शंट जोड़ा गया है।